

METODOLOGIAS DE CARACTERIZAÇÃO E PREVISÃO DAS SECAS

Modelação espacial e temporal

Ana Maria Ambrósio Paulo

Orientador: Doutor Luís Alberto Santos Pereira

JÚRI:

Presidente: Reitor da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais:

Doutor Luís Alberto Santos Pereira, professor catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor José Luís Monteiro Teixeira, professor associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Carlos Manuel Agra Coelho, professor associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Paulo Guilherme Martins de Melo Matias, professor associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Carlos Alberto Leitão Pires, professor auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Doutora Maria José Leitão Barroso Roxo, professora auxiliar da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa

Doutoramento em Engenharia Agronómica

Lisboa • 2004

METODOLOGIAS DE CARACTERIZAÇÃO E PREVISÃO DAS SECAS

Modelação espacial e temporal

Ana Maria Ambrósio Paulo

Orientador: Doutor Luís Alberto Santos Pereira

Dissertação apresentada neste Instituto para a obtenção do
grau de doutor

JÚRI

Presidente:

Reitor da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais:

Doutor Luís Alberto Santos Pereira, professor catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade
Técnica de Lisboa

Doutor José Luís Monteiro Teixeira, professor associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade
Técnica de Lisboa

Doutor Carlos Manuel Agra Coelho, professor associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade
Técnica de Lisboa

Doutor Paulo Guilherme Martins de Melo Matias, professor associado do Instituto Superior de Agronomia da
Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Carlos Alberto Leitão Pires, professor auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Doutora Maria José Leitão Barroso Roxo, professora auxiliar da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da
Universidade Nova de Lisboa

Doutoramento em Engenharia Agronómica

Lisboa • 2004

RESUMO

As secas são fenómenos de ocorrência aleatória, de severidade incerta, encarados simultaneamente como um risco e um desastre. A sua duração, severidade e extensão espacial e a vulnerabilidade do meio onde ocorrem, determinam a sua importância a nível da região.

Este trabalho tem por objectivo o desenvolvimento de metodologias e a aplicação de metodologias existentes na caracterização e predição de secas à região do Alentejo. A aplicação do SPI (*Standardized Precipitation Index*) e da teoria dos chorrilhos permite caracterizar quer as secas locais, em termos de duração e severidade, quer as secas regionais, em que também é avaliada a extensão espacial da seca. Nalguns locais, calculou-se o índice de Palmer, cujos resultados foram comparados ao SPI, em várias escalas temporais.

A análise clássica de séries hidrológicas baseia-se em modelos de distribuição de frequências e pressupõe que a variável de interesse é aleatória, independente e identicamente distribuída. Os modelos de Markov e os modelos log-lineares baseiam-se na estrutura de dependência temporal da série. Estes modelos foram aplicados neste trabalho, com o objectivo de modelar as transições entre diferentes categorias de severidade de seca e avaliar o tempo de recorrência e o tempo de permanência em determinadas categorias.

PALAVRAS-CHAVE: Secas Locais, Secas Regionais, Índices de Seca, Modelos Estocásticos, Séries Temporais, Cadeias de Markov

ABSTRACT

Droughts are random phenomenon, with uncertain severity and faced both as an hazard and a disaster. Their duration, severity and spatial extent, and the social and ecological vulnerability account for their impacts at a regional level.

The aim of this study is the development of methodologies and application of existing ones in the characterization of droughts, droughts prediction, and its extension in Alentejo region. The use of the SPI (Standardized Precipitation Index) and of the theory of runs allow the characterization of both local and regional droughts in what concerns duration, severity and, at a regional level, spatial extent. Results of the Palmer Index in some locations were compared with SPI results for several time scales.

The classical analysis of hydrologic time series is based on frequency distribution models, assuming the randomness, independence and identically distribution of the variable under analysis. Markov and log-linear models are based on the dependence structure of the time series. Thus, these models were applied in this study with the aim of modeling drought class transitions and to estimate the recurrence time and the residence time in drought categories.

KEY-WORDS: Local droughts, Regional droughts, Drought indices, Stochastic models, Time series, Markov chains

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que tornaram possível este trabalho, aos que me acompanharam de uma forma continuada, no dia a dia, e aos que, esporadicamente, contribuíram para que fosse levado a bom termo.

Ao meu Orientador Professor Luís Santos Pereira agradeço o incentivo, as sugestões e críticas, o apoio científico e as oportunidades proporcionadas para contactos com equipas nacionais e internacionais trabalhando em temas afins.

Ao colega Paulo Matias agradeço a disponibilização de bibliografia e de *software* e os conhecimentos transmitidos.

Ao colega Carlos Agra Coelho, agradeço o tempo despendido, os conhecimentos transmitidos, a disponibilização de bibliografia e *software*, as sugestões e o apoio dados.

Ao Professor José Luís Teixeira pelas sugestões, críticas e incentivo.

Aos companheiros de gabinete, no DER-ISA, Rui Branco, Paula Paredes e António Campos obrigada pela ajuda sempre pronta na resolução de problemas informáticos e/ou administrativos e pelo bom ambiente de trabalho proporcionado. À Eunice Ferreira, também companheira de gabinete e bolseira do Projecto SEDEMED, pelo auxílio prestado no tratamento dos dados. À Paula Rodrigues, pela disponibilização de material bibliográfico e de dados preciosos para este trabalho.

Aos desconhecidos da Internet que comigo partilharam conhecimentos.

Agradeço às entidades que possibilitaram ou apoiaram este trabalho: ao Programa PRODEP agradeço a bolsa de doutoramento, ao Projecto SEDEMED o financiamento da aquisição de material informático e de deslocações.

Aos colegas de Santarém, em particular aos amigos Cláudia Charana e Manuel Adaixo, pelo esforço adicional que tiveram que suportar durante a minha ausência, em épocas nem sempre fáceis, um muito obrigada. Ao Engenheiro Lagarto pelo exemplo de rigor e amizade.

À família, aos amigos Carmina e Agostinho e a todos os outros, pelo apoio prestado nos momentos mais críticos.

À minha amiga Isabel quero agradecer de forma especial a ajuda oportuna e indispensável, o incentivo e afecto sem os quais esta viagem não chegaria tão cedo ao fim.

Ao Joca pela amizade, ternura e apoio, sempre presentes.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Fenómeno da seca	3
2.1 Escassez de água e regimes xéricos.....	8
2.2 Definições de seca	11
2.3 Clima e recursos hídricos em Portugal.....	16
2.3.1 Clima	16
2.3.2 Evapotranspiração de referência, precipitação e escoamento	17
2.3.3 Aridez.....	20
2.4 Escassez de água em Portugal	21
2.5 Seca: variáveis, escalas de análise e limiares críticos, estudos sobre a seca em Portugal	24
2.5.1 Variáveis a considerar	24
2.5.2 Limiares críticos, probabilísticos e empíricos	26
2.5.3 Escalas de análise	28
2.5.3.1 Escala temporal	28
2.5.3.2 Escala espacial.....	30
2.5.4 Análise das secas em Portugal	31
2.6 Preparação para as secas: medidas de prevenção e de mitigação.....	35
2.6.1 Instituições e organizações relevantes para o planeamento e gestão dos recursos hídricos em Portugal	39
2.6.2 Instrumentos e medidas relevantes para as secas em Portugal: preparação e mitigação	43
2.7 Impactos e medidas de conservação e poupança	46
3. Índices de seca	53
3.1. Índices de seca	55
3.1.1. Índices de seca, aspectos gerais	55
3.1.2. Análise integrada da seca: o “Drought Monitor”	65
3.1.3. Avaliação dos índices de seca	66
3.2. Metodologias de análise adoptadas.....	68
3.2.1. Teoria dos chorrilhos	69
3.2.2. Índice normalizado de precipitação (SPI).....	73
3.2.2.1 O índice	73
3.2.2.2 Evento seco, características da seca e classificação dos valores do SPI	74
3.2.2.3 Processo de cálculo	76
3.2.3. Índice de Seca de Palmer	83
3.2.3.1 O índice	83

3.2.3.2 Evento seco, características da seca e classificação dos valores do PDSI	84
3.2.3.3 Processo de cálculo	84
3.2.3.4 O índice de Palmer ponderado, WPDSI	98
3.2.3.5 Calibração do PDSI	100
4. Dados para a caracterização das secas no Alentejo	103
4.1 Avaliação da qualidade dos dados e preenchimento de falhas	105
4.1.1 Análise de aleatoriedade	106
4.1.2 Preenchimento dos valores em falta	111
4.2 Avaliação da homogeneidade de uma região	113
4.2.1 Metodologia de análise	115
4.2.1.1 Momentos-L	115
4.2.1.2 Medida de discordância	117
4.2.1.3 Medida de heterogeneidade	118
4.2.2 Resultados obtidos	119
4.3 Estatísticas descritivas dos dados	120
4.3.1 Estatísticas descritivas da precipitação	120
4.3.2 Estatísticas descritivas da temperatura máxima, temperatura mínima e evapotranspiração de referência	123
4.4 Adaptabilidade da distribuição gama aos totais de precipitação	124
4.4.1 Testes de ajustamento utilizados	126
4.4.2 Resultados obtidos	127
5. Modelação local e regional da seca	129
5.1 Secas pontuais	129
5.1.1 Identificação e caracterização pela teoria dos chorrilhos	129
5.1.2 Identificação e caracterização pelo SPI	133
5.1.2.1 Distribuição de frequências do SPI, global e por meses	134
5.1.2.2 Identificação e caracterização das secas locais	136
5.1.3 Identificação e caracterização pelo Índice de Palmer	141
5.1.3.1 Evapotranspiração Potencial de Thornthwaite <i>versus</i> Evapotranspiração de Referência FAO-Penman-Monteith	142
5.1.3.2 Sensibilidade do índice de Palmer (PDSI) à reserva útil do solo	148
5.1.3.3 Identificação das secas e sua caracterização através do índice de seca de Palmer PDSI	152
5.1.3.4 Comparação entre o PDSI e o SPI na identificação de períodos secos	157
5.2 Secas regionais	160
5.2.1 Identificação e caracterização da seca regional pela teoria dos chorrilhos	162
5.2.2 Identificação e caracterização da seca regional pelo SPI	164
5.2.3 Secas regionais: aplicação das metodologias	165

5.2.3.1 Resultados obtidos com a teoria dos chorrilhos.....	167
5.2.3.2 Resultados obtidos com o SPI.....	168
5.3 Síntese e análise crítica das metodologias.....	177
6 Modelação temporal da seca	179
6.1. Abordagem clássica.....	182
6.2. Cadeias de Markov	182
6.2.1. Definições	184
6.2.2. Dificuldades na aplicação	188
6.2.3. Modelação da transição entre classes de seca por cadeias de Markov homogéneas.....	188
6.2.3.1 Probabilidades e probabilidades de transição	189
6.2.3.2. Estado de equilíbrio e distribuição de probabilidades da cadeia	192
6.2.3.3 Tempo médio de permanência ininterrupta no estado i	193
6.2.3.4 Tempo médio para a primeira visita ao estado j	193
6.2.3.5 Previsões a curto prazo	194
6.2.4. Modelação da transição entre classes de seca por cadeias de Markov não-homogéneas	195
6.2.4.1 Probabilidades e probabilidades de transição	195
6.2.4.2 Estado de equilíbrio e distribuição de probabilidades da cadeia	196
6.2.4.3 Tempo médio de permanência ininterrupta no estado i dado o mês inicial.....	197
6.2.4.4 Tempo médio para a primeira visita ao estado j dado o estado i num mês inicial	197
6.2.4.5 Previsões a curto prazo	198
6.2.5 Adequação e validação dos modelos de Markov	199
6.2.5.1 Verificação da propriedade de Markov	199
6.2.5.2 Validação de resultados modelo-amostra.....	201
6.3 Modelos log-lineares.....	201
6.3.1 Modelos seleccionados	202
6.3.2 Razões de probabilidades favoráveis e intervalos de confiança	202
6.4 Aplicação das cadeias de Markov às séries locais de SPI-12 e à série regional	203
6.4.1 Adequação do modelo às séries locais de SPI-12 e à série de severidade regional	204
6.4.1.1 Propriedade de Markov.....	204
6.4.1.2 Comparação de resultados modelo-amostra.....	205
6.4.2 Apresentação e discussão de resultados	211
6.4.2.1 Distribuição de probabilidades das classes de seca	212
6.4.2.2 Persistência das classes de seca (tempo esperado de permanência ininterrupta)	215
6.4.2.3 Tempo esperado para atingir uma dada classe de seca	221
6.4.2.4 Predição das classes de seca com 1, 2 e 3 meses de antecedência	227
6.5 Aplicação de modelos log-lineares a séries locais de SPI-12	231
6.5.1 Selecção dos modelos.....	231

6.5.2 Predição das classes de seca	232
6.6 Síntese	235
7 Conclusões	237
Referências bibliográficas	241
Anexos	

Índice de figuras

Figura 2.1 População mundial sem acesso a água potável (Gleick, 1998)	4
Figura 2.2 Distribuição do número de eventos seca por continentes, 1975–2002 (CRED, 2004)	4
Figura 2.3 Disponibilidades e procura de água em alguns países (WSM, 2004)	6
Figura 2.4 As secas como factor de susceptibilidade à desertificação (adaptado de Correia, 1999)	11
Figura 2.5 Sequência dos impactos da seca (adaptado de NDMC, 2004)	13
Figura 2.6 Classificação climática de Portugal segundo Köppen, médias de 1961– 90 (Pimenta e Cristo, 1998)	16
Figura 2.7 Distribuição espacial da precipitação (INAG) e da evapotranspiração de referência (IM), médias anuais 1960/61–90/91 e 1961–90, respectivamente.	17
Figura 2.8 Distribuição mensal da precipitação no Alentejo, no período de 1931/32 a 1998/99	18
Figura 2.9 Distribuição espacial do escoamento anual médio em Portugal Continental no período de 1941/42 a 1990/91 (INAG, 2001)	18
Figura 2.10 Variação do escoamento anual (mm) por bacia hidrográfica no período de 1941/42 a 1990/91 (INAG, 2001)	19
Figura 2.11 Repartição mensal dos valores médios da precipitação (\square) e da evapotranspiração de referência (\boxtimes) em Évora no período de 1965– 2000	19
Figura 2.12 Índice de aridez relativo ao período 1961–1990 (Pimenta <i>et al.</i> , 1997)	20
Figura 2.13 Níveis de escassez de água por bacia hidrográfica: índices de (a) Falkenmark, (b) IWMI e (c) NU (baseado em Pais e Santos, 2000)	22
Figura 2.14 Precipitação trimestral ($\text{---}\ast\text{---}$) em Évora, no período 1970–1989, e limiar crítico $\bar{x}_T - s_T$ histórico ($\text{---}\bullet\text{---}$)	27
Figura 2.15 Séries temporais do índice de seca SPI, em escalas de tempo de (a) 3 e de (b) 12 meses, no período de Janeiro 1940 – Maio 1948, Évora	29
Figura 2.16 Percentagem da área do Alentejo afectada por seca moderada (\square), severa (\boxtimes) e extrema (\blacksquare) no período de 1932 a 1999	31
Figura 2.17 Percentagem de países noticiando impactos de eventos agrometeorológicos extremos sobre a agricultura (adaptado de Das <i>et</i> <i>al.</i> , 2003)	35
Figura 2.18 Índice de Saúde das Instituições da Água (WIHI) em países da União Europeia (Dinar e Saleth, 2003)	42
Figura 2.19 Monitorização das secas meteorológicas (Santos, 1998)	43
Figura 2.20 Poluição da água por nitratos de origem agrícola : identificação de zonas vulneráveis (INAG, 2004)	50
Figura 3.1 Produção média de cereais em África (1961–1994) como função do National Rainfall Index (Gommes e Fresco, 1998)	62

Figura 3.2 Visualização on-line do Drought Monitor em 23 de Novembro de 2004	65
Figura 3.3 Identificação e caracterização das secas pela teoria dos chorrilhos	70
Figura 3.4 Exemplificação de limiares críticos: a) limiar anual ou sazonal b) limiar mensal c) limiar diário (Hisdal e Tallaksen, 2000)	70
Figura 3.5 Caracterização de eventos secos usando o PDSI e a teoria dos chorrilhos (Évora, Out 1987–Jan1997)	73
Figura 3.6 Obtenção de séries de precipitação acumulada, $X_{i,j}^k$, para uma escala de tempo de $k = 3$ meses, e das funções densidade de probabilidade para os 12 meses do ano ($j = 1, \dots, 12$)	79
Figura 3.7 Função densidade de probabilidade gama (Évora, Março, escala de tempo de 12 meses)	80
Figura 3.8 Probabilidade de não-excedência para valores observados de precipitação total (Évora, Março de 1980, escala de tempo de 12 meses)	81
Figura 3.9 Transformação das probabilidade de não-excedência em valores da variável normal reduzida (Évora, Março de 1980, escala de tempo de 12 meses)	82
Figura 3.10 Componentes do balanço hídrico em Évora, 1990. Evapotranspiração – ET (....o....), Escoamento – RO (—□—), Recarga – R (—▲—) e Perda – L (---*---)	87
Figura 3.11 Componentes potenciais do balanço hídrico em Évora, 1990. Evapotranspiração – ETP (....o....), Escoamento – PRO (—□—), Recarga – PR (—▲—) e Perda – PL (---*---)	88
Figura 3.12 Valores acumulados do índice de anomalia de humidade (z) durante os períodos mais secos de diversas durações em Central Iowa e Western Kansas (Palmer, 1965)	91
Figura 3.13 Precipitação (P) e precipitação CAFEC (\hat{P}_i) em Évora, 1990	97
Figura 3.14 PDSI e índice de anomalia de humidade (z_i) em Évora, 1990	98
Figura 3.15 PDSI e índice de Palmer ponderado ($WPDSI$) em Évora, Dez–89 a Dez–90	100
Figura 4.1 Região do Alentejo	103
Figura 4.2 Precipitação anual em Portalegre (18M01) no período de 1931/32 a 1998/99	109
Figura 4.3 Precipitação anual em Sousel (20K01) no período de 1932/33 a 1998/99	110
Figura 4.4 Estações udométricas e polígonos de Thiessen na região do Alentejo	110
Figura 4.5 Relação entre a média e a mediana da precipitação anual nas 49 estações udométricas	121
Figura 4.6 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação da precipitação anual nas 49 estações udométricas	122
Figura 4.7 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose da precipitação anual calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas	122
Figura 4.8 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação da precipitação anual calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas	123

Figura 5.1 Distribuição dos valores do SPI-12 e do SPI-3 por categorias, em todos os postos, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999	135
Figura 5.2 Número e duração média das secas identificadas pelo SPI-12, nos 49 postos, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999.....	137
Figura 5.3 Evolução temporal do SPI-12 e do SPI-3 em Évora, durante a seca de maior duração (Fevereiro 1980 – Março 1984).....	139
Figura 5.4 Evolução temporal do SPI-12 e do SPI-3 em Évora, durante a seca mais intensa (Novembro 1998 – Setembro 1999)	141
Figura 5.5 Relação entre ETP-Thornthwaite e ETP-FAO mensal em Elvas, Évora, Beja e Alvalade	145
Figura 5.6 PDSI com ETP-Thornthwaite (●) e ETP-FAO (x) em Elvas, Évora, Beja e Alvalade.....	147
Figura 5.7 Distribuição do PDSI por categorias para TAW de 250 (▨), 200 (▧), 150 (▩) e 100 (□) mm em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado, no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000.....	150
Figura 5.8 Evolução temporal do PDSI para TAW de 250 mm (□) e 100 mm (●) em Beja e Elvas no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000	152
Figura 5.9 Evolução temporal do PDSI para TAW=150 mm e ETo FAO Penman-Monteith em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000.....	154
Figura 5.10 Evolução temporal do WPDSI para TAW=150 mm e ETo FAO Penman-Monteith em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000.....	156
Figura 5.11 Evolução temporal do PDSI para TAW=150 mm e ETo FAO Penman-Monteith (X) e do SPI-6 e SPI-12 (○) em Beja no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000.....	158
Figura 5.12 Definição de seca regional (adaptado de Santos, 1981).....	163
Figura 5.13 Identificação das secas regionais.....	164
Figura 5.14 Evolução da área em seca (SPI-12) no período de Outubro de 1998 a Setembro de 1999	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px; margin-right: 10px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: black; border: 1px solid black;"></div> Extrema <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></div> Severa <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: lightgray; border: 1px solid black;"></div> Moderada <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black;"></div> Ligeira <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black;"></div> Não-seca </div> </div>	170
Figura 5.15 Área afectada por secas com severidade pelo menos ligeira (—■—), moderada (—×—), severa (—◆—) extrema (—▲—) e SPI regional no Alentejo (Out 90 – Set 99) nas escalas de tempo de 12 e 3 meses	174
Figura 5.16 Área afectada por secas com severidade pelo menos ligeira (—■—), moderada (—×—), severa (—◆—) extrema (—▲—) e SPI regional no Alentejo (Out 79 – Set 84)	175
Figura 5.17 Evolução temporal do SPI-12 regional no Alentejo (Out 32 – Set 99)	176
Figura 5.18 Percentagem da área do Alentejo afectada por seca moderada (▩), severa (▧) e extrema (▨) no período de Outubro de 1932 a Setembro de 1999	176
Figura 6.1 Definição de estados e respectivas probabilidades de transição em cadeias de Markov.....	186
Figura 6.2 Exemplo de classificação de estados e de classes em cadeias de Markov	187
Figura 6.3 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos.....	206

Figura 6.4 Tempo médio empírico e teórico de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos	207
Figura 6.5 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos, em Outubro	208
Figura 6.6 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos, em Janeiro	208
Figura 6.7 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos, em Abril	209
Figura 6.8 Valores médios teóricos (a) e empíricos (b) do tempo esperado de residência ininterrupta nas classes de Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) e seca severa ou extrema (X) nos 49 postos	211
Figura 6.9 Postos em que se apresentam os resultados da modelação por cadeias de Markov	212
Figura 6.10 Probabilidades de ocorrência das classes de Não-seca (□), seca ligeira (▤), seca moderada (▥) e seca severa ou extrema (▧) na região, modelação não-homogénea (a) e homogénea (b)	215
Figura 6.11 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca (□), seca ligeira (▤), seca moderada (▥) e seca severa ou extrema (▧) em 8 postos e na região	217
Figura 6.12 Tempo esperado de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) e seca severa/extrema (X), na região	219
Figura 6.13 Tempo esperado de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) e seca severa/extrema (X) em 8 postos	220
Figura 6.14 Tempo esperado (meses) para transitar para as classes de Não-seca (□), seca ligeira (▤), seca moderada (▥) e seca severa ou extrema (▧) na região	223
Figura 6.15 Tempo esperado para atingir pela primeira vez a classe de Não-seca, partindo de um dado mês em Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) ou seca severa/extrema (X)	225
Figura 6.16 Tempo esperado para atingir pela primeira vez a classe de Não-seca, partindo de um dado mês em Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) ou seca severa/extrema (X), na região	226
Figura 6.17 Predição das classes de seca dentro de 1, 2 e 3 meses, dada a classe de Não-seca (□), seca ligeira (▤), seca moderada (▥) ou seca severa/extrema (▧) em Outubro, Janeiro e Abril, em 8 locais e na região	230

Índice de quadros

Quadro 2.1 Distribuição mundial do número de pessoas afectadas pela seca e do número de mortes, 1975–2002 (CRED, 2004)	5
Quadro 2.2 Regimes de escassez de água (adaptado de Pereira et al., 2002).....	9
Quadro 2.3 Classificação da seca em função da área afectada (Bettencourt, 1984)	31
Quadro 2.4 Análises da seca em Portugal Continental, desde 1970	33
Quadro 2.5 Estratégias de construção da resiliência. Distinção entre medidas estratégicas e medidas de emergência (adaptado de Rockström, 2002)	38
Quadro 2.6 Medidas de conservação (P–proactivas e R–reactivas) e medidas de poupança de água em caso de seca (adaptado de Pereira <i>et al.</i> , 2002)	48
Quadro 3.1 Compilação de Índices de seca e suas principais características	63
Quadro 3.2 Classificação dos valores de SPI e tempo na categoria (McKee et al., 1995)	75
Quadro 3.3 Classificação dos valores do SPI (NDMC, 2003).....	76
Quadro 3.4 Classificação dos valores do SPI (Agnew, 2000)	76
Quadro 3.5 Classificação do índice de Palmer (Palmer, 1965)	84
Quadro 4.1 Teste de heterogeneidade da região.....	120
Quadro 4.2 Valores médios mensais das temperaturas máxima e mínima e da evapotranspiração de referência em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado no período 1965–2000	124
Quadro 4.3 Séries de totais de precipitação, referentes a 12 meses, para as quais a distribuição gama é rejeitada, pelos testes de Kolmogorov–Smirnov (D), Cramer–von Mises (W^2) e Anderson–Darling (A^2), com um nível de significância de 5%.....	128
Quadro 4.4 Testes de ajustamento da distribuição gama aos totais de precipitação referentes a 12 e a 3 meses: percentagem de rejeições, em cada mês.....	128
Quadro 5.1 Nº total de secas e de anos secos, intensidade média das secas e seca mais intensa, identificadas pela teoria dos chorrilhos numa escala de tempo anual, no período 1931/32 a 1998/99	131
Quadro 5.2 Nº total de secas, nº total de trimestres secos e sua repartição anual, intensidade média das secas e seca mais intensa, identificadas pela teoria dos chorrilhos numa escala de tempo trimestral, de 1931/32 a 1998/99	132
Quadro 5.3 Classificação dos valores positivos e negativos do SPI.....	135
Quadro 5.4 Distribuição mensal dos valores do SPI–12, por categorias, em todos os postos, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999	136

Quadro 5.5 Distribuição mensal (%) dos valores do SPI-3, por categorias, em todos os postos, no período de Dezembro de 1931 a Setembro de 1999	136
Quadro 5.6 Número de secas e características médias das secas identificadas pelo SPI-12, por posto, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999	138
Quadro 5.7 Seca mais longa, seca mais intensa e tempo e número de secas com intensidade inferior a -1, identificadas pelo SPI-12, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999	140
Quadro 5.8 Evapotranspiração média mensal (1965–2000) calculada pelos métodos da FAO Penman–Monteith e de Thornthwaite em Elvas, Évora, Beja e Alvalade	144
Quadro 5.9 Distribuição, por categorias, do índice de Palmer calculado com evapotranspiração FAO Penman–Monteith e Thornthwaite em Elvas, Évora, Beja e Alvalade ($TAW=150$)	146
Quadro 5.10 Coeficientes climáticos mensais (α_j) da evapotranspiração FAO Penman–Monteith e Thornthwaite em Elvas, Évora, Beja e Alvalade	146
Quadro 5.11 Categorias atribuídas ao PDSI para analisar o efeito de TAW	149
Quadro 5.12 Distribuição do PDSI (%) por categorias para diferentes valores de TAW em 4 locais	149
Quadro 5.13 PDSI: valores máximos e mínimos estimados e respectivas datas, para TAW igual a 250, 200, 150 e 100 mm, em Elvas, Évora, Beja e Alvalade	151
Quadro 5.14 Identificação e caracterização das secas pelo PDSI, para TAW igual a 150 mm e ET_o FAO–Penman–Monteith, em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período 1965–2000	155
Quadro 5.15 Classificação cruzada do Índice de Palmer ($TAW=150$ mm e ET_o FAO–Penman–Monteith) e do SPI em 4 escalas de tempo (3, 6, 9 e 12 meses) em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período 1965–2000	157
Quadro 5.16 Características das secas mais severas identificadas pelo PDSI ($TAW=150$ mm e ET_o FAO–Penman–Monteith) ou pelo SPI-12 em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período 1965–2000	159
Quadro 5.17 Classificação da severidade da seca com o SPI, para A_c variável	166
Quadro 5.18 Características das secas regionais, no Alentejo, identificadas pela teoria dos chorrilhos numa escala de tempo de 12 meses, no período de 1931/32 a 1998/99	167
Quadro 5.19 Características médias das secas regionais com a teoria dos chorrilhos, numa escala de tempo de 3 meses, no período de 1931/32 a 1998/99	167
Quadro 5.20 Características das secas regionais, no Alentejo, identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses, no período de 1932/33 a 1998/99	168
Quadro 5.21 Secas regionais, nº de meses em cada classe de severidade e tempo de confirmação da seca, $T_0(s)$, identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses, para A_c constante (50%) e A_c variável, no período de 1932/33 a 1998/99	169
Quadro 5.22 Severidade da seca regional com SPI-12 para dois critérios de classificação no período 1932/33 a 1998/99	171

Quadro 5.23 Área (%) do Alentejo com $SPI-12 \leq -1$ no período 1932/33 a 1998/99	173
Quadro 6.1 Quadro 6.1 Matriz de transição entre estados de seca	191
Quadro 6.2 Probabilidades de transição entre estados de seca (N–Não-seca, 1– Seca ligeira, 2–Seca moderada, 3–Seca severa ou extrema) e estatísticas do teste	205
Quadro 6.3 Comparação entre os valores teóricos e empíricos do tempo esperado de permanência ininterrupta, num dado mês, nas várias classes de seca.....	210
Quadro 6.4 Probabilidades das classes de seca nos 40 postos	213
Quadro 6.5 Distribuição de probabilidades das classes de seca por meses e global nos 8 postos e na região	214
Quadro 6.6 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de seca em 40 postos: média e coeficiente de variação	216
Quadro 6.7 Tempo esperado de permanência ininterrupta nas classes de seca em 8 postos e na região (formulação não homogénea e homogénea)	218
Quadro 6.8 Tempo esperado (meses) para atingir a classe de Não-seca, partindo da classe de seca i , nos 40 postos: média e coeficiente de variação	221
Quadro 6.9 Tempo esperado (meses) para atingir pela primeira vez a classe de seca j partindo da classe de seca i em 8 postos e na região (formulação homogénea).....	222
Quadro 6.10 Tempo esperado de chegada à classe de Não-seca (N) partindo da classe de seca i num dado mês (formulação não-homogénea) na região	226
Quadro 6.11 Classe de seca mais provável dentro de 1, 2 e 3 meses dada a classe de seca inicial	228
Quadro 6.12 Probabilidade associada à classe de seca mais provável um, dois e três meses após a ocorrência de uma dada classe de seca em Outubro, Janeiro e Abril (formulação não-homogénea) em 8 locais e na região	229
Quadro 6.13 Modelos log-lineares seleccionados	231
Quadro 6.14 Transições entre classes de seca do instante t para o instante $t+1$: frequências observadas e esperadas.....	232
Quadro 6.15 Estimativas e intervalos de confiança para as <i>odds</i> E_{i1}/E_{ik}	233

Lista de Acrónimos

DER	<u>D</u> epartamento de <u>E</u> ngenharia <u>R</u> ural
ENSO	<u>E</u> l <u>N</u> iño <u>S</u> outhern <u>O</u> scillation
EUA	<u>E</u> stados <u>U</u> nidos da <u>A</u> mérica
FAO	<u>F</u> ood and <u>A</u> griculture <u>O</u> rganization
ICARDA	<u>I</u> nternational <u>C</u> enter for <u>A</u> gricultural <u>R</u> esearch in the <u>D</u> ry <u>A</u> reas
ICID	<u>I</u> nternational <u>C</u> omission on <u>I</u> rrigation and <u>D</u> rainage
IFADAP	<u>I</u> nstituto de <u>F</u> inanciamento e <u>A</u> poio ao <u>D</u> esenvolvimento da <u>A</u> gricultura e <u>P</u> escas
IM	<u>I</u> nstituto de <u>M</u> eteorologia
INAG	<u>I</u> nstituto da <u>Á</u> gua
ISA	<u>I</u> nstituto <u>S</u> uperior de <u>A</u> gronomia
IWMI	<u>I</u> nternational <u>W</u> ater <u>M</u> anagement <u>I</u> nstitute
NAO	<u>N</u> orth <u>A</u> tlantic <u>O</u> scillation
NDMC	<u>N</u> ational <u>D</u> rought <u>M</u> itigation <u>C</u> enter
ONGs	<u>O</u> rganizações <u>N</u> ão <u>G</u> overnamentais
PDSI	<u>P</u> almer <u>D</u> rought <u>S</u> everity <u>I</u> ndex
SIPAC	<u>S</u> istema <u>I</u> ntegrado de <u>P</u> rotecção <u>C</u> ontra as <u>A</u> leatoriedades <u>C</u> limáticas
SPI	<u>S</u> tandardized <u>P</u> recipitation <u>I</u> ndex
SST	<u>S</u> ea <u>S</u> urface <u>T</u> emperature
UE	<u>U</u> nião <u>E</u> uropeia
UNCCD	<u>U</u> nited <u>N</u> ations <u>C</u> onvention to <u>C</u> ombat <u>D</u> esertification
UNESCO	<u>U</u> nited <u>N</u> ations <u>E</u> ducational, <u>S</u> cientific and <u>C</u> ultural <u>O</u> rganization
WMO	<u>W</u> orld <u>M</u> eteorological <u>O</u> rganization

Lista de símbolos

Nota: Os símbolos que se listam de seguida são definidos à medida que surgem no texto. Para evitar uma notação pesada e porque existem símbolos com significados diferentes em diferentes contextos, optou-se, nesses casos, por indicar o número da equação a que o símbolo se refere.

- a estimador de α pelo método dos mínimos quadrados
- A_c área crítica
- A_R área em défice na região
- A^2 estatística do teste de Anderson–Darling
- $A_d(i)$ área em défice no intervalo de tempo i
- b estimador de β pelo método dos mínimos quadrados
- b_r estimador não enviesado do momento ponderado de probabilidade β_r
- d_i desvio entre P e \hat{P} no período i
- D estatística do teste de Kolmogorov–Smirnov (4.29), duração do dia (5.5)
- D_d défice total acumulado da seca d
- D_i medida de discordância do local i
- D_j défice do chorrilho negativo j
- $D(i)$ défice total no intervalo de tempo i
- $D(d)$ magnitude da seca d
- e número de estados da cadeia de Markov
- e_i variável aleatória normal padronizada
- E_{ij} frequências esperadas das transições entre a classe de seca i , no instante t , e a classe de seca j , no instante $t + 1$
- ET evapotranspiração
- ET_o evapotranspiração de referência
- ETP evapotranspiração potencial
- ETP_φ evapotranspiração potencial à latitude φ

ETP_0	evapotranspiração potencial no equador num dado mês
$E(T_i X_0 = i)$	valor esperado do tempo de residência ininterrupta no estado i
$E(T_i X_{t_0})$	valor esperado do tempo de residência ininterrupta no estado i , dado o mês inicial t_0
$F(x)$	função de distribuição de x
G	densidade do fluxo de calor do solo
H	medida de heterogeneidade
H_0	hipótese nula
H_1	hipótese alternativa
i_j	Índice de calor mensal
I	índice de calor anual
I_a	índice de aridez
I_R	intensidade da seca regional
$I(c)$	função indicatriz
$I(d)$	intensidade da seca d
J	dia juliano.
k_j	característica climática no mês j
Ky	factor de resposta da produção da cultura à água
l_r	momento-L amostral
L	perda de água no solo
L_j	comprimento do chorilho j
L_s	perda de água na camada superficial do solo
L_u	perda de água na camada inferior do solo
$L-Cv$	coeficiente de variação-L
$L-Gs$	coeficiente de assimetria-L
$L-Kt$	coeficiente de achatamento-L
L_R	duração da seca regional

$L(d), L_d$ duração da seca d

$L(\theta|x)$ função de verosimilhança

med mediana

n_{ij} número de transições entre o estado i e o estado j

O_{ij} número de transições entre a classe de seca i e j

p factor de duração no índice de Palmer

p_{ij} probabilidade de transição entre o estado i e o estado j

$p_{ij}^{(t,t+1)}$ probabilidade de transição entre o estado i , no mês t e o estado j , no mês $t+1$

P precipitação

\hat{P} precipitação que ocorreria para as condições climáticas médias

$PDSI$ índice de severidade de seca de Palmer, índice de Palmer

P_{E_i} “probabilidade de Palmer”

$P_{i,l}$ precipitação no l – ésimo mês do ano i

PL perda de água potencial no solo

PL_s perda potencial de água na camada superficial do solo

PL_u perda de água potencial na camada inferior do solo

PR recarga potencial de água no solo

PRO escoamento potencial

\mathbf{P} matriz de transição de probabilidades

$\mathbf{P}^{(Mês)}$ matriz de probabilidades de transição no mês $Mês$

q proporção de zeros em $X_{i,j}^k$ (3.9), factor de duração no índice de Palmer (3.28, 3.29)

Q_v escoamento

Q^2 estatística do teste do qui-quadrado

$Q^2(i)$ estatística do teste do qui-quadrado de ordem i versus ordem $i+1$

r coeficiente de correlação linear de Pearson

R recarga de água no solo

R_n	radiação líquida à superfície da cultura
RO	escoamento
RV	estatística do teste da razão de verossimilhança
$RV(i)$	estatística do teste da razão de verossimilhança de ordem i versus ordem $i + 1$
s	desvio padrão amostral
s_x	estimador amostral de σ_x
s_y	estimador amostral de σ_y
\overline{s}_{rel}	desvio relativo médio
S	matriz de covariância amostral
S_s	água disponível, no início do mês, na camada superficial do solo
S_u	água disponível, no início do mês, na camada inferior do solo
SPI	<i>Standardized Precipitation Index</i>
$SPI_{i,j}^k$	SPI para o ano i e mês j , na escala de tempo k
SPI_{reg}	SPI regional
t	tempo, coeficiente de variação–L (4.22)
t_f	fim da seca
t_{ii}	valor esperado do tempo de recorrência do estado i
$t_{ii}^{(t_0)}$	tempo médio de recorrência do estado i , no mês t_0
t_{ij}	tempo esperado, para atingir pela primeira vez o estado j partindo do estado i
$t_{ij}^{(t_0)}$	tempo esperado para atingir pela primeira vez o estado j , partindo no mês inicial t_0 do estado i
t_0	início da seca
t_3	coeficiente de assimetria–L
t_4	coeficiente de achatamento –L
T	temperatura média do ar
TAW	água disponível total à profundidade considerada
T_j	temperatura média no mês j
$T_0(d)$	tempo de confirmação da seca d

U_R	défice total da seca regional
U_2	velocidade do vento a 2 m de altura
V	soma dos quadrados dos números de ordem da sub-amostra de dimensão n_1 (4.8), desvio padrão ponderado dos L-Cv amostrais (4.25)
$WPDSI$	índice de severidade de seca de Palmer ponderado, índice de Palmer ponderado
W^2	estatística do teste de Cramer-von Mises
x_c	limiar crítico
\bar{x}	média amostral
$X_{i,j}^k$	precipitação acumulada em k meses, no mês j do ano i
X_t	estado de uma cadeia de Markov no instante t , classe de seca no fim do mês t
X_1	índice de severidade intermédia de Palmer para um evento húmido que poderá estar a estabelecer-se
X_2	índice de severidade intermédia de Palmer para um evento seco que poderá estar a estabelecer-se;
X_3	índice de severidade intermédia de Palmer para um evento seco ou húmido que já esteja estabelecido
$X(t)$	série temporal
$X_c(t)$	limiar crítico
\hat{y}_i	estimador de y_i
z, z_i	índice de anomalia de humidade (no período i)
Z_{E_i}	humidade necessária para reduzir, num único mês, a severidade de uma seca estabelecida a -0.50
Z_R	profundidade das raízes
$z_{1-\alpha/2}$	quantil $1-\alpha/2$ da variável normal reduzida
α	nível de significância, parâmetro de forma da distribuição gama (3.2), parâmetro da regressão linear (4.12)
α_j	coeficiente climático de ET no mês j (3.21, 3.22)

β	parâmetro de escala da distribuição gama (3.2), parâmetro da regressão linear (4.12), parâmetro de associação linear (6.43)
β_j	coeficiente climático de R no mês j (3.21, 3.22)
β_r	momentos ponderados de probabilidade de ordem r (4.15)
γ	constante utilizada para corrigir o viés de σ_Y^2 (4.13)
γ_j	coeficiente climático de RO no mês j (3.21, 3.22)
γ	constante psicrométrica
δ	declinação solar
δ_i	parâmetro associado ao elemento i (6.43)
δ_j	coeficiente climático de L no mês j (3.21, 3.22)
Δ	declive da curva de pressão de vapor
ε_i	resíduo aleatório com distribuição normal padrão (4.12)
θ_{FC}	teor de água do solo à capacidade de campo
θ_{WP}	teor de água do solo no coeficiente de emurchecimento
λ	o calor latente de vaporização.
λ	ordenada na origem dos modelos log-lineares (6.43 e 6.44)
λ_i^R	parâmetro associado à linha i dos modelos log-lineares (6.43 e 6.44)
λ_{ij}^{RC}	parâmetro de simetria (6.44)
λ_j^C	parâmetro associado à coluna j dos modelos log-lineares (6.43 e 6.44)
λ_r	momentos-L de ordem r
$\hat{\mu}_j^k$	média da precipitação acumulada em k meses, no mês j
μ_X	média de X
μ_Y	média de Y
π_j	probabilidade de equilíbrio do estado j
$\pi^{(Mês)}$	vector das probabilidades de equilíbrio no mês $Mês$
Π	vector das probabilidades de equilíbrio
ρ	coeficiente de correlação
$\hat{\sigma}_j^k$	desvio padrão da precipitação acumulada em k meses, no mês j
σ_X	desvio padrão de X
σ_Y	desvio padrão de Y

- τ coeficiente de autocorrelação τ -Kendall
- τ_r razão entre momentos-L para $r = 3, 4, \dots$
- ϕ função de distribuição normal padrão
- φ latitude
- χ^2 distribuição qui-quadrado
- ω_s ângulo de incidência da luz ao pôr do sol

Capítulo 1. Introdução

As secas resultam da ocorrência continuada de precipitação tomando valores persistentemente abaixo da média. São simultaneamente encaradas como um risco e um desastre. Os impactos negativos da sua ocorrência, nos vários ramos de actividade, agrícola, industrial e urbano e nos ecossistemas poderão ser minimizados. Para que tal se verifique, um melhor conhecimento do fenómeno, das suas causas, da sua possível evolução são determinantes.

Várias metodologias têm sido utilizadas na identificação, monitorização e caracterização das secas. A teoria dos chorrilhos, proposta por Yevjevich (1967), tem sido frequentemente aplicada em vários países, incluindo Portugal. Análises recorrendo a índices de seca, nomeadamente ao índice de Palmer também têm sido levadas a cabo em Portugal. O índice *Standardized Precipitation Index* (SPI) introduzido por McKee *et al.* (1993,1995) e incluído no conjunto de índices correntemente utilizados nos EUA (NDMC, 2004) na monitorização da seca é pela primeira vez aplicado em Portugal no âmbito do presente estudo.

Uma abordagem estocástica poderá contribuir para uma melhor caracterização deste fenómeno aleatório e da sua evolução no tempo, constituindo também uma ferramenta auxiliar de predição.

Neste trabalho, no Capítulo 2 faz-se a abordagem do fenómeno da seca enquanto manifestação de escassez hídrica, das variáveis determinantes da seca e das escalas de análise, da prevenção e de medidas de mitigação das secas.

O Capítulo 3 trata de metodologias de identificação das secas, dando particular ênfase à teoria dos chorrilhos, ao SPI e ao índice de Palmer, que posteriormente serão aplicados.

Os dados para a caracterização da seca no Alentejo, região alvo do estudo na presente dissertação, a sua descrição e análise prévia são apresentados no Capítulo 4.

No Capítulo 5 aplicam-se as metodologias seleccionadas para a caracterização das secas locais e estendem-se os resultados à região, comparando e discutindo os resultados obtidos com os diferentes métodos.

O Capítulo 6 trata da modelação temporal da seca, apresentando a fundamentação teórica da modelação por cadeias de Markov e recorrendo a modelos log-lineares. As cadeias de Markov e os modelos log-lineares aplicam-se seguidamente na modelação de transições entre classes de severidade de seca e apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos.

Finalmente, no Capítulo 7 apresentam-se as conclusões e as perspectivas futuras de trabalho.

Apresentam-se ainda em Anexo resultados pormenorizados do Capítulo 4 (Anexo A), do Capítulo 5 (Anexo B) e do Capítulo 6 (Anexo C).

Capítulo 2. O fenómeno da seca

"Drought and desertification threaten the livelihood of over 1 billion people in more than 110 countries around the world"
Kofi Annan, 17 de Junho de 2001.

A água doce é um elemento indispensável à vida e ao desenvolvimento humano. Desde sempre o homem procurou a proximidade da água para aí se estabelecer. As antigas civilizações tiveram as suas origens junto a rios (Nilo, Tigre e Eufrates, Ganges, Amarelo, por exemplo) e aí se desenvolveram. As disputas pelo acesso e controle da água, e a sua utilização como arma de pressão política e militar, remontam aos tempos bíblicos e perduram até aos nossos dias (Gleick, 2003).

A Terra tem um volume total de água de $1\,386 \times 10^9 \text{ km}^3$, em que apenas 2,5% é água doce (Shiklomanov, 2000). A distribuição espacial da água doce no mundo depende dos padrões climáticos e fisiográficos de cada região. Menos de 1% da água doce é utilizada de uma forma renovável. Considerando uma escala continental, a água doce total mundial distribui-se do seguinte modo: América – 45%, Ásia – 28%, Europa – 15%, África – 9% e Oceania – 2% (FAO, 2003). Os recursos hídricos totais, por habitante e por ano, em cada continente, obtidos por agregação dos valores de cada país, estimam-se em $19\,900 \text{ km}^3$ na América, $12\,500 \text{ km}^3$ na Ásia, $6\,900 \text{ km}^3$ na Europa, $3\,900 \text{ km}^3$ em África e 900 km^3 na Oceania (FAO, 2003). A quantidade de água disponível para utilização humana é inferior ao volume total uma vez que depende não apenas dos volumes existentes mas também do acesso à água. Em média, o homem necessita de 5 litros de água por dia para sobreviver num clima temperado. Gleick (1996) indica 50 litros por dia como a quantidade mínima de água necessária para beber, cozinhar e garantir a higiene básica. Falkenmark (1991) considera 100 litros por dia *per capita* como o volume típico de consumo doméstico em regiões com escassez de água, volume esse que corresponde à quantidade de água necessária para garantir uma qualidade de vida minimamente aceitável.

O acesso à água potável é uma necessidade básica e um dado adquirido nos países desenvolvidos. No entanto, estima-se que cerca de 1,2 biliões de pessoas no Mundo não têm acesso a água potável, sendo a África o continente mais afectado (Figura 2.1), e que mais de 2,4 biliões não têm acesso a redes de esgotos (Gleick, 2004). Estima-se entre 5 e 10 milhões o número de mortes por ano, devido à falta de água potável e a doenças devidas a vectores associados à água (Gleick, 1998). A satisfação das necessidades

básicas em água é um direito e o direito à água, a par dos direitos humanos consagrados nas leis, declarações e convenções internacionais, está implícito no direito à alimentação, à saúde, ao bem estar e à vida (Gleick, 1999), devendo os governos, as organizações não governamentais e as comunidades locais envolver-se na sua defesa.

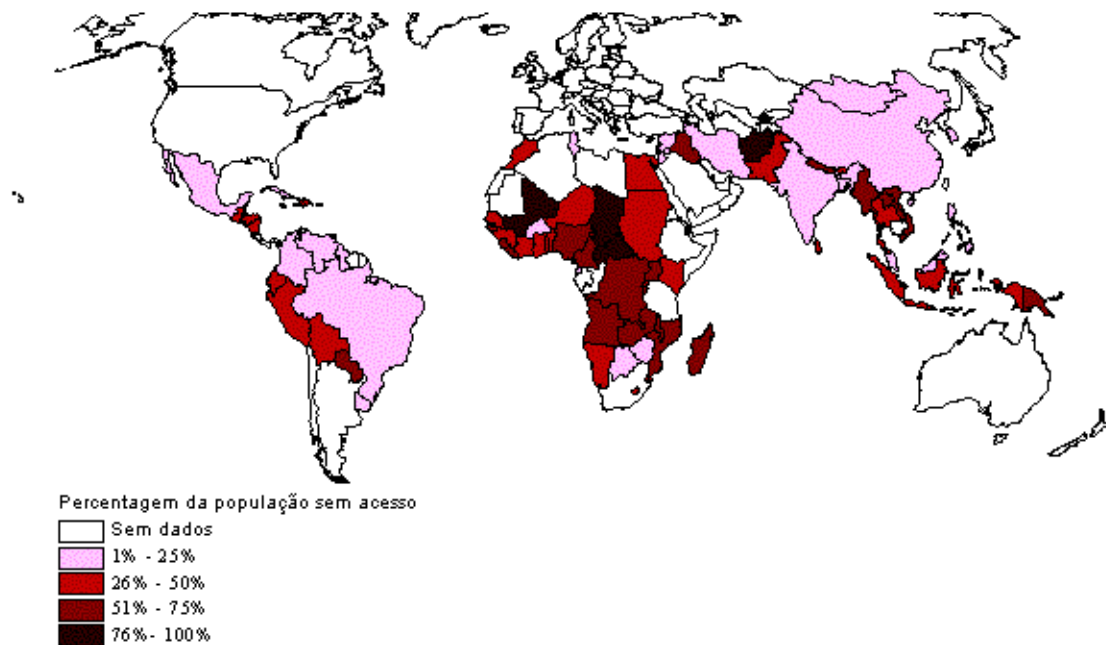


Figura 2.1 População mundial sem acesso a água potável (Gleick, 1998)

A escassez de água, característica de algumas regiões do mundo, pode ser particularmente agravada durante a ocorrência de secas. A distribuição mundial do número de secas no período de 1975–2002, em que foram contabilizadas 554 secas (CRED, 2004), mostra que a África foi o continente onde se registou um maior número de secas (Figura 2.2).

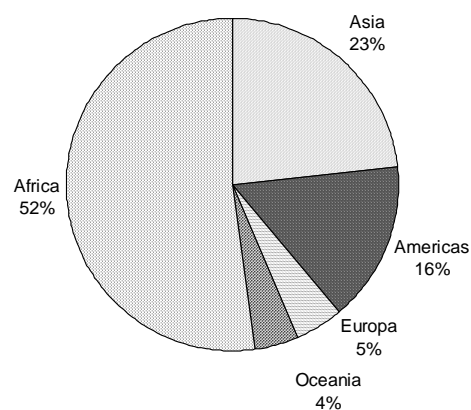


Figura 2.2 Distribuição do número de eventos de seca por continentes, 1975–2002 (CRED, 2004)

Essas secas afectaram cerca de 1,8 biliões de pessoas, sendo a causa directa de 522 mil mortes (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 Distribuição mundial do número de pessoas afectadas pela seca e do número de mortes, 1975–2002 (CRED, 2004)

Secas no Mundo (1975–2002)		
Continentes	Número de pessoas	
	Afectadas	Mortas
Ásia	80,8%	0,7%
África	15,5%	99,2%
América	2,7%	0,0%
Europa	0,5%	0,0%
Oceânia	0,4%	0,1%
Mundo	1737297142	522118

A Ásia é o continente em que mais pessoas são afectadas pela seca. No entanto, é em África que se verifica um maior número de mortes, o que reflecte a maior vulnerabilidade social e ecológica deste continente.

Na avaliação dos recursos hídricos disponíveis para a população Falkenmark (1986) aponta como indicadores de *stress* hídrico os níveis de 2 000 e 5 000 m³/ano/*capita* delimitando as situações de carência e de conforto hídrico, respectivamente. O limite de 1 000 m³ de água por habitante e por ano é o mais vulgarmente utilizado para definir situações de escassez de água (Pereira *et al.*, 2002a). Quando as disponibilidades se situam abaixo deste limite o desenvolvimento económico, nomeadamente em países em que a produção agrícola depende largamente da irrigação, a saúde humana e o bem estar das populações são afectados. A escassez muito severa de água verifica-se abaixo de 500 m³/*capita*/ano, quando as disponibilidades em água constituem a principal restrição à vida. Considera-se que o limite de 2 000 m³/ano/*capita* indica regiões sensíveis, onde a ocorrência de secas e/ou de escassez resultante do uso inadequado da água disponível provoca sérios problemas. No entanto, o conceito de disponibilidade em água baseado em indicadores resultantes da divisão dos recursos renováveis pela população total deve ser encarado com algumas reservas (Pereira *et al.* 2002a). Estes indicadores são largamente utilizados, embora apresentem algumas limitações: consideram apenas os recursos superficiais e subterrâneos renováveis, não reflectem a variabilidade temporal e espacial e não contemplam a qualidade da água. Deste modo, mesmo que os indicadores não apontem limitações na disponibilidade em água, estas podem de facto verificar-se, quer devido à poluição quer ao difícil acesso à água. Por outro lado, em países que recorram de forma significativa à dessalinização, à utilização de recursos subterrâneos não renováveis ou à

reutilização de águas residuais para fazer face a baixas disponibilidades em recursos hídricos renováveis, estes indicadores tem pouco significado (Pereira *et al.* 2002a). Acresce ainda que a avaliação, quer das disponibilidades quer da procura de água, depende das metodologias subjacentes à recolha de dados e das fontes de informação. Por este motivo, muitas vezes existe discrepância entre os valores apresentados, não só por organizações internacionais (UE, FAO, Banco Mundial, WMO, entre outros) como pelas instituições nacionais relevantes no domínio da avaliação, planeamento e gestão dos recursos hídricos (Ministério do Ambiente, Ministério da Agricultura).

Na Figura 2.3 apresentam-se valores das disponibilidades e da procura de água nalguns países (WSM, 2004).

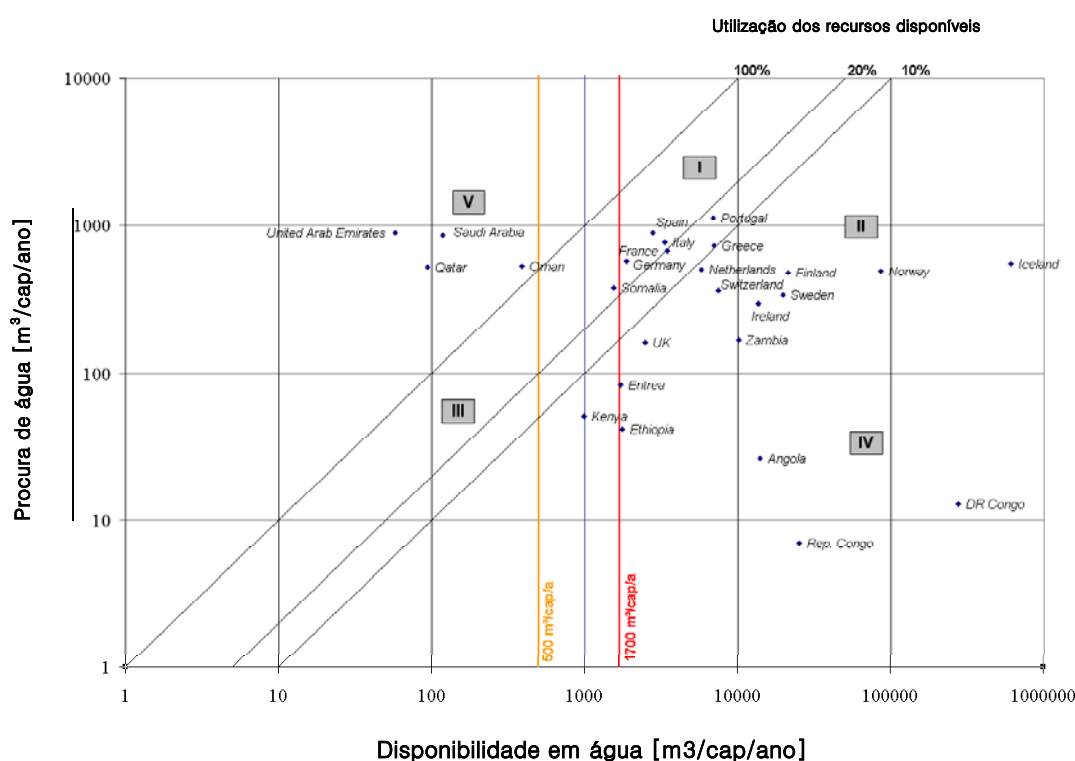


Figura 2.3 Disponibilidades e procura de água em alguns países (WSM, 2004)

A posição de Portugal neste grupo de países é relativamente confortável, verificando-se que as disponibilidades médias são claramente superiores quer à procura de água quer ao limite de 2000 m³/ano/capita referido anteriormente. Considerando os países mediterrânicos representados, Portugal, Espanha, Itália e Grécia, pode observar-se que a Espanha e a Itália utilizam mais de 20% dos recursos hídricos disponíveis, enquanto que em Portugal e na Grécia a percentagem de utilização é inferior, entre os 10 e os 20%. A Espanha e Itália utilizam 41 e 30% dos recursos hídricos disponíveis, enquanto que na

Grécia e em Portugal a fracção utilizada representa apenas 12 e 16% respectivamente (Correia, 1999a). O rácio de dependência (DR) de uma região representa a percentagem dos recursos hídricos totais renováveis (águas superficiais e subterrâneas, geradas através do ciclo hidrológico) originados fora da região e mede a dependência da região em relação ao exterior. Entre os países mediterrânicos referidos, Portugal é o mais dependente da água externa ($DR=45\%$), seguindo-se a Grécia ($DR=22\%$), a Itália ($DR=5\%$) e por último a Espanha que não depende do exterior ($DR=0\%$) (Correia, 1996; FAO, 2003; Pereira, 2004a).

Em 1999 constatava-se que 29 países sofriam de escassez moderada a severa de água. Assumindo que não haverá alteração dos recursos hídricos renováveis e utilizando as projecções da ONU para o crescimento da população mundial, estima-se que, em 2025, 34 países sofrerão de escassez de água, afectando deste modo 1,06 a 2,43 biliões de pessoas (projecções para a mais baixa e mais alta taxas de crescimento da população, respectivamente), números estes que representarão 13 a 20% da população mundial (WMO, 2004).

A escassez pode não só ser provocada por causas naturais mas também pode ser provocada ou agravada pelo homem, devido à poluição da água, à má gestão da água disponível e, eventualmente, considerando um horizonte temporal mais longo, às alterações climáticas (Pereira *et al.*, 2002a; Pereira, 2004a). A ocorrência de escassez de água, nas sociedades urbanas é muitas vezes atribuída à ineficiência dos gestores das redes e menos a causas naturais. Em Portugal, quando se fala em eficiência de utilização da água, o sector agrícola é apontado como aquele em que o desperdício é maior. Por esse motivo, a poupança de água na agricultura é entendida como fundamental, embora tal opinião não se aplique, com igual ênfase, quando se referem os usos domésticos, industriais ou turísticos (Pereira e Paulo, 2004). Esta visão, acompanhando as tendências a nível internacional, sofreu algumas alterações a partir dos anos 90, tendo vindo a aumentar a preocupação pública com a poluição e com a conservação da água; a recuperação dos “rios poluídos” foi escolhida pelos portugueses, num inquérito OBSERVA realizado em 2000, como uma medida ambiental prioritária a empreender pelo Estado (Schmidt e Valente, 2002).

A convivência com a escassez e o envolvimento das sociedades na conservação e na poupança da água e na prevenção da desertificação estão na ordem do dia, nas agendas nacionais e internacionais como é patente nas convenções internacionais (UNCCD), em publicações recentes, por exemplo da UNESCO (Pereira *et al.*, 2002a), no Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (LNEC/ISA, 2001), no Programa Nacional para as Alterações

Climáticas (DGA, 2001), em estudos sobre avaliação de cenários de alterações climáticas em Portugal (Santos *et al.*, 2002), em acções concertadas a nível regional de que é exemplo o MEDRAP – northern Mediterranean Regional Action Program to combat desertification – (Enne *et al.*, 2004).

Neste capítulo, na secção 1, apresenta-se o enquadramento dos fenómenos de escassez de água no âmbito dos regimes xéricos, na secção 2 são apresentados e discutidos conceitos relacionados com as múltiplas definições de seca e na secção 3 faz-se o referido enquadramento no âmbito do clima e dos recursos hídricos. Na secção 4 aborda-se a escassez de água em Portugal, apresentando-se várias perspectivas sobre a situação. Na secção 5 particularizam-se conceitos relacionados com a extensão espacial do fenómeno “seca” e com a escala temporal de análise, bem como com os limiares críticos estabelecidos para a identificação das secas e referem-se de forma breve os estudos sobre secas realizados em Portugal. Na secção 6 abordam-se questões relacionadas com a percepção do risco e com a preparação e mitigação das secas, nomeadamente. A secção 7 trata dos impactos da seca e das medidas de conservação e poupança de água.

2.1 Escassez de água e regimes xéricos

A escassez de água é característica de muitos ambientes e prende-se com várias causas, naturais e antrópicas. Várias civilizações têm convivido com a escassez de água e com as secas. Existem exemplos numerosos em torno do Mediterrâneo, no Próximo Oriente e na Ásia. No entanto, alterações gradualmente introduzidas pelo homem, de que são exemplos o sobrepastoreio e a utilização crescente de material lenhoso como combustível, podem comprometer de forma irreversível os recursos naturais e o modo de vida das populações. Antigas aldeias no sul da Jordânia podem ter sido abandonadas por estes motivos e actualmente no Sahel poderá estar a assistir-se a um fenómeno semelhante (Rockström, 2002). Nos países do Maghreb também o sobrepastoreio, a mecanização e intensificação da agricultura, principalmente na segunda metade do século XX, são referidos como factores de desertificação (UMA, 1999). O facto de mais de metade da população viver em zonas rurais, associado, nas últimas décadas, a um aumento acentuado da taxa de crescimento demográfico, tem contribuído para uma elevada pressão sobre os recursos naturais, nomeadamente a água, o solo e as plantas lenhosas, as quais constituem ainda a principal fonte de energia doméstica (UMA, 1999). Por outro lado, a aleatoriedade na

distribuição da precipitação tem-se manifestado por uma maior frequência de anos de seca e de situações de escassez de água.

A escassez de água (Quadro 2.2) pode ser causada por vários regimes xéricos, como proposto por Vlachos e James (1983) e, mais recentemente, por Pereira *et al.* (2002a). Aos vários regimes xéricos associam-se conceitos próprios que se referem essencialmente à problemática da escassez de água.

Quadro 2.2 Regimes de escassez de água (adaptado de Pereira *et al.*, 2002a)

ESCASSEZ DA ÁGUA	Natural	Produzida pelo homem
Permanente	<i>Aridez</i> Precipitação média anual baixa a muito baixa, e grande variabilidade espacial e temporal da precipitação	<i>Desertificação</i> Desequilíbrio da disponibilidade de água em regiões áridas e sub-húmidas devido à degradação da terra, nomeadamente à sobreexploração das águas subterrâneas e/ou superficiais, à degradação do solo, erosão, uso inadequado da terra, redução da infiltração, cheias rápidas mais frequentes, e perda de ecossistemas ripícolas e outros
Temporária	<i>Seca</i> Precipitação persistentemente abaixo da média, ocorrendo com frequência, duração e severidade aleatórias, e cuja previsão é difícil ou mesmo impossível	<i>Penúria de água</i> Desequilíbrio na disponibilidade de água incluindo sobreexploração de aquíferos, redução da capacidade dos reservatórios, uso inadequado da terra, degradação da qualidade da água e redução da capacidade de suporte dos ecossistemas

A aridez pode definir-se como um desequilíbrio natural e permanente na disponibilidade de água, sendo caracterizada por baixas precipitações médias anuais e por uma grande variabilidade espacial e temporal da precipitação, causando reduzida disponibilidade dos recursos hídricos e baixa capacidade de suporte dos ecossistemas.

As secas consistem em desequilíbrios naturais e temporários das disponibilidades de água resultantes de precipitação persistentemente inferior à média, têm duração, severidade e frequência incerta sendo a sua ocorrência imprevisível ou difícil de predizer. Provocam a redução das disponibilidades em água e da capacidade de suporte dos ecossistemas, afectando quer as actividades humanas quer o equilíbrio dos ecossistemas naturais e antrópicos.

A desertificação é um processo xérico de carácter permanente, provocado pelo homem, de desenvolvimento lento, com um horizonte temporal de várias gerações, em que o desequilíbrio na disponibilidade de recursos hídricos resulta da degradação da terra

provocada pelo seu uso inadequado, da sobreexploração das águas subterrâneas, da ocorrência mais frequente de cheias rápidas, da perda de ecossistemas ripícolas e da deterioração da capacidade de suporte dos ecossistemas. A erosão do solo e a salinização são geralmente associadas à desertificação. Os processos de desertificação, que ocorrem em climas áridos, semi-áridos e sub-húmidos, são agravados pelas secas frequentes.

A penúria de água é também um desequilíbrio induzido pelo homem, mas de carácter temporário, consistindo na sobreexploração dos recursos hídricos subterrâneos, na extracção excessiva de água dos cursos de água naturais, na redução da capacidade de armazenamento, em desajustamentos no uso do solo, na deterioração da qualidade da água e na alteração da capacidade de suporte dos ecossistemas. A penúria de água agrava os efeitos da escassez nas regiões áridas, nomeadamente devido à utilização abusiva das águas subterrâneas e à degradação da qualidade da água, o que torna mais severos os efeitos das secas e favorece os processos indutores da desertificação (Pereira e Paulo, 2004).

A definição acima apresentada para a desertificação não corresponde à definição adoptada pela Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD): “*a degradação da terra em zonas áridas, semi-áridas e sub-húmidas, resultando de vários factores incluindo a variação climática e as actividades humanas*”. A definição da UNCCD é mais abrangente pois refere-se ao conjunto de recursos naturais que se associam ao termo terra: solo, água, clima, vegetação, fauna e não apenas à escassez de água. Esta definição não contempla as mudanças climáticas aceites como induzidas pelo homem, mas apenas as variações climáticas devidas a processos aleatórios naturais. O conceito de desertificação é geralmente associado ao de erosão do solo, que não é senão um processo local, essencialmente agrícola, e uma das facetas da degradação da terra (Pereira *et al.*, 2003; Pereira e Paulo, 2004).

Outras definições explicitam não só as acções humanas indutoras da desertificação, mas também as suas consequências para a sociedade; trata-se assim de “*um desequilíbrio a longo prazo, induzido pelo homem, no uso da terra, na disponibilização dos recursos hídricos e nas oportunidades de desenvolvimento que afecta o território em climas áridos, semi-áridos e sub-húmidos, o qual combina a degradação do solo, a erosão, a salinização, o uso inapropriado da terra, a sobreexploração e degradação das águas subterrâneas, a maior frequência das cheias rápidas, a perda dos ecossistemas ripícolas e a deterioração da capacidade de suporte dos ecossistemas. As secas e as mudanças*

climáticas agravam fortemente o processo de desertificação, uma vez que aumentam a pressão sobre os recursos naturais em si mesmos limitados” (Pereira *et al.*, 2004).

As secas, por consistirem em longos períodos em que a precipitação se mantém claramente abaixo da média, levam a que os recursos hídricos, nomeadamente os subterrâneos, sejam utilizados para além das suas potencialidades de renovação (Figura 2.4). Em regiões áridas podem levar à utilização de recursos não convencionais, em níveis superiores aos normais. A insuficiência de medidas preparatórias para conviver com a seca (*vd.* Pereira *et al.*, 2002a) conduz a que sejam adoptadas medidas de mitigação casuísticas que, a longo prazo, podem agravar as situações de escassez e criar condições favoráveis à desertificação (Figura 2.4).

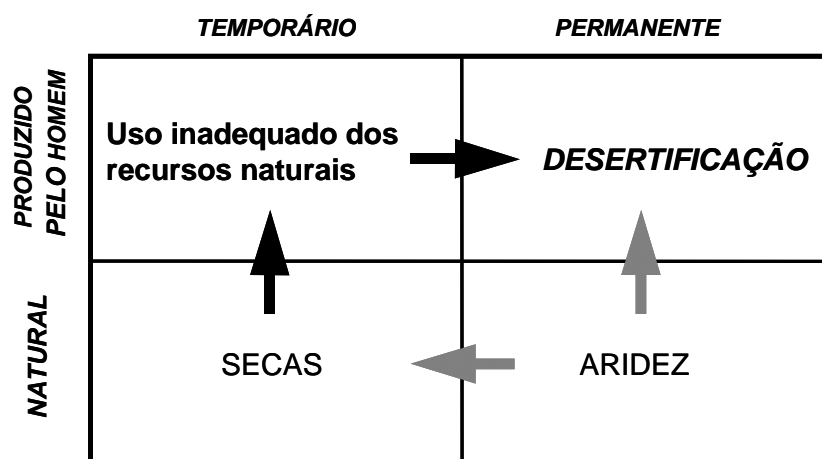


Figura 2.4 As secas como factor de susceptibilidade à desertificação (Pereira e Paulo, 2004)

2.2 Definições de seca

A seca é um fenómeno climático recorrente e relativamente frequente, que se manifesta em quase todas as regiões climáticas e que resulta da ocorrência continuada de precipitação abaixo dos valores “normais” ou esperados que, quando persistem durante períodos “longos”, são insuficientes para satisfazer a procura (Vermes, 1998). Para a Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2004) a seca é “*um fenómeno natural, que ocorre quando se tenham verificado valores de precipitação significativamente abaixo dos níveis normais registados historicamente, causando sérios desequilíbrios hidrológicos que afectam negativamente os ecossistemas e as actividades humanas*”.

Estas definições não são totalmente claras pois incluem uma noção de persistência no tempo não especificada (“ocorrência continuada”, “período considerável de tempo”) e de “valores normais” de precipitação.

No entanto, a seca não pode ser encarada apenas como um risco ou como um desastre natural. O seu impacto na sociedade resulta da conjugação entre a redução na precipitação e a consequente diminuição da oferta de água para satisfazer as necessidades de abastecimento da população.

Dada a complexidade do fenómeno e a forma como afecta múltiplos sectores, a sua definição não é simples nem consensual. Questões relativas à compreensão do fenómeno da seca têm sido abordadas entre outros por Wilhite e Glantz (1985, 1987), Tate e Gustard (2000), Maracchi (2000), mostrando a importância relativa das definições e a forma como estas estão particularmente relacionadas com as actividades humanas, o meio e a escala temporal e espacial de análise.

Embora haja várias definições e classificações para a seca, consoante a perspectiva disciplinar com que é encarada (*e.g.* seca meteorológica, seca agrícola), esta resulta de uma diminuição de precipitação durante um período considerável de tempo: meses, estação ou anos. Elevadas temperaturas, baixa humidade relativa e vento andam frequentemente associados à seca, agravando a sua severidade. Os impactos da seca dependem também de algumas características da precipitação, nomeadamente da intensidade da precipitação e do número de chuvadas. Por vezes é feita uma distinção entre secas de curta duração (algumas semanas) e de ocorrência relativamente frequente, designadas na literatura anglófona por “dry spells” e em português do Brasil por “veranicos”, características de climas sub-húmidos temperados e tropicais, que afectam sobretudo a agricultura, e secas propriamente ditas, com durações superiores (vários meses ou mesmo anos) e de ocorrência relativamente menos frequente. Chega-se a designar como seca os períodos estivais secos, que são característicos do clima e que, obviamente, não são secas.

Wilhite e Glantz (1985) indicam quatro tipos de seca, *meteorológica*, *agrícola*, *hidrológica* e *sócio-económica*, aos quais associam uma sequência temporal de impactos (Figura 2.5). Na seca meteorológica a principal variável é a precipitação, na seca agrícola a humidade do solo e na seca hidrológica os caudais superficiais e os níveis de água subterrânea ou nos reservatórios de superfície.

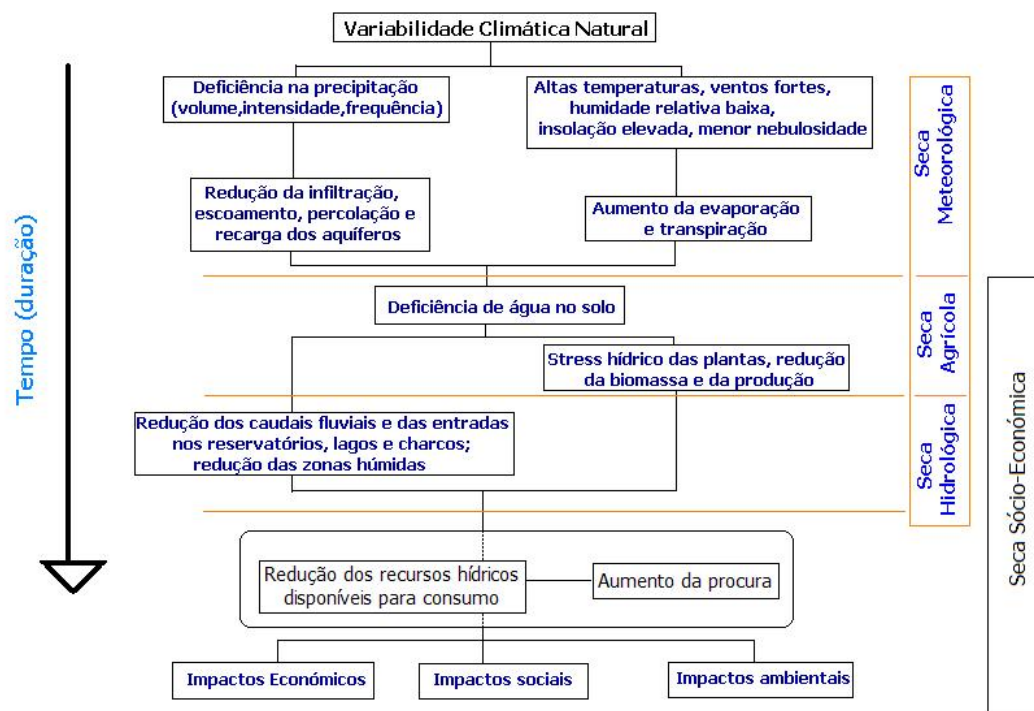


Figura 2.5 Sequência dos impactos da seca (adaptado de NDMC, 2004)

A *seca meteorológica* é definida como função do grau de secura, em comparação com as condições médias ou normais, e da duração do período seco. A definição varia de região para região: nas regiões húmidas, em que chove todo o ano, a seca é identificada a partir do número de dias com precipitação inferior a um dado valor; nas regiões em que a precipitação é sazonal a seca terá que ser identificada de outro modo, por exemplo pelo afastamento entre a precipitação actual e o valor médio da precipitação, mensal, anual ou relativo a outra escala de tempo.

A *seca agrícola* pode ser definida (NDMC, 2004) como uma restrição considerável e permanente do abastecimento de água a uma dada cultura ou a uma dada área agrícola ou florestal. As necessidades em água de uma cultura dependem das condições climáticas, das características biológicas da espécie e da fase de crescimento das plantas. A distribuição da precipitação ao longo do ano agrícola é um factor importante. Qualquer definição de seca agrícola deve expressar a susceptibilidade da cultura a carências hídricas durante as várias fases de crescimento. A causa mais frequente de tais secas é a precipitação insuficiente durante as fases críticas de desenvolvimento das culturas.

A *seca hidrológica* é avaliada pelos efeitos que uma diminuição na precipitação provoca nos caudais de águas superficiais e nos níveis de águas subterrâneas e nos níveis do

armazenamento. Por exemplo, Linsley *et al.* (1988) definem seca hidrológica como “*um período de tempo em que os caudais são inadequados para suportar os usos estabelecidos, segundo o sistema usual de gestão da água*” (pg 360). A seca hidrológica é definida à escala da bacia hidrográfica ou do curso de água. Uma seca meteorológica prolongada pode provocar uma seca hidrológica. Geralmente, esta última manifesta-se mais tarde, por vezes só após as causas que a determinaram se terem extinguido.

As definições de seca *sócio-económica* associam conceptualmente a oferta e a procura de bens económicos dependentes das condições climáticas. É geralmente identificada quando a falta de água começa a afectar o homem, individual ou colectivamente. A sua ocorrência depende dos mecanismos da oferta e da procura de água e não directamente de condições climáticas adversas. Várias definições de seca sócio-económica têm sido apresentadas, desde a sua identificação como um fenómeno essencialmente climático “*quando a precipitação não é suficiente para satisfazer as necessidades das actividades humanas estabelecidas*” (Hoyt, 1936 em Wilhite e Glantz, 1987) até à constatação de que as secas podem manifestar-se quando a procura crescente de água – em regra resultante do crescimento económico e/ou de alterações na utilização da terra e dos recursos hídricos – introduz desequilíbrios entre a procura e a oferta de água, dependendo a escassez de água principalmente da alteração nos padrões de consumo (Stanford, 1979, citado em Wilhite e Glantz, 1987). Neste último caso estaríamos perante o que alguns referem ser as secas produzidas pelo homem e Pereira *et al.* (2002a) definem com penúria de água causada pelo homem.

Outra classificação é apresentada por Tate e Gustard (2000) os quais definem, de um ponto de vista hidrológico, várias categorias de seca: *climática*, *agro-meteorológica*, *fluvial*, *subterrânea* e *operacional*. Existe um paralelismo entre os conceitos de seca climática (Tate e Gustard, 2000) e de seca meteorológica (Wilhite e Glantz, 1985).

No que se refere à seca agrícola (Wilhite e Glantz, 1985) ou agro-meteorológica (Tate e Gustard, 2000) todas as definições relacionam a seca meteorológica com os impactos sobre a agricultura. Assim, nesta categoria de seca interessam as relações entre a oferta de água e a procura climática de humidade por parte de uma dada cultura, ou seja, entre a água disponível no solo e a evapotranspiração cultural.

A seca hidrológica (Wilhite e Glantz, 1985) é subdividida por Tate e Gustard (2000) em duas categorias, seca fluvial e seca subterrânea, referindo situações de redução significativa do escoamento e recarga dos aquíferos inferior à média, respectivamente. A seca operacional, frequentemente induzida pelo homem, resulta, segundo Tate e Gustard (2000), de conflitos

entre a escassez de água e a gestão da procura da água. Quando, em situações de escassez, a capacidade de armazenamento não satisfaz a procura, ou existe uma gestão deficiente das infra-estruturas de armazenamento de água, pode originar-se uma ruptura no abastecimento e o estabelecimento de uma seca. Este conceito de seca operacional apresenta alguma relação com o conceito de seca sócio-económica estabelecido por Wilhite e Glantz (1987) ou seja com o conceito de penúria de água produzida pelo homem.

Entre as definições apontadas para as várias categorias de seca, a de seca agrícola ou agro-meteorológica é a que parece mais discutível. Frequentemente resultante de opções desajustadas, quer em termos de estratégia global (política e de modelo de desenvolvimento) quer individual (ao nível do agricultor), identificar simplisticamente a seca agrícola com a não satisfação, total ou parcial, das necessidades hídricas de uma cultura ou espécie é o reconhecimento de um desequilíbrio artificialmente induzido. Muitas vezes a expansão de culturas não adaptadas à região, com exigências em água que, quer em termos médios, quer em termos da sua repartição ao longo do ciclo cultural, nunca poderão ser satisfeitas naturalmente, é uma das causas da seca agrícola tal como foi definida anteriormente. É o que se passa nas regiões mediterrânicas, de que é exemplo o Sul de Portugal, em que apenas o recurso à rega permite o desenvolvimento das culturas de Primavera-Verão. A avaliação da severidade da seca agrícola deverá, pois, atender às culturas adaptadas ao clima mediterrânico, como a oliveira, a vinha, a amendoeira, a figueira, que sobrevivem a secas prolongadas e a teores de humidade do solo inferiores ao coeficiente de emurchecimento por vários meses (Kosmas, 1998). Um conceito de seca agrícola que considere unicamente este tipo de vegetação é demasiado restritivo, pelo que também poderão ser consideradas como indicadores as culturas tradicionais de sequeiro (cereais praganosos) que em condições médias de clima vegetam satisfatoriamente mas que, para uma procura climática elevada são afectadas pela seca, principalmente durante a fase de floração e formação do grão.

As causas da seca são sempre identificadas com a variabilidade climática e os seus impactos são referidos em termos das actividades sócio-económicas e do equilíbrio dos ecossistemas. Existe consenso quanto a outras características do fenómeno, nomeadamente o seu desenvolvimento lento, a dificuldade de detecção do seu início e fim e a natureza cumulativa dos seus efeitos no tempo.

Quando começa uma seca (Figura 2.5), os seus efeitos fazem-se sentir de imediato sobre a agricultura, a qual depende directamente do armazenamento de água no solo, podendo as actividades que dependem das reservas superficiais vir posteriormente a ser afectadas.

As actividades dependentes de reservas subterrâneas geralmente são as últimas a ser afectadas. Quando as condições normais de precipitação são restabelecidas, a reposição de água faz-se no sentido inverso: primeiro a reserva de água no solo, seguindo-se os caudais dos cursos de água e os reservatórios e lagos e por último as águas subterrâneas. O tempo de recuperação depende da duração da seca, da sua severidade e da precipitação verificada após o seu término.

2.3 Clima e recursos hídricos em Portugal

2.3.1 Clima

Atendendo à classificação de Köppen, que considera os valores médios mensais da precipitação e das temperaturas médias, máximas e mínimas e a sua distribuição conjunta ao longo dos meses do ano, Portugal apresenta um clima húmido subtropical ou mediterrânico (*C*), com a precipitação concentrada no Inverno (*Cs*) e com duas formas climáticas distintas, *Csa* e *Csb* (Figura 2.6). Na região Norte e litoral Oeste, com verões amenos onde as temperaturas médias mensais não ultrapassam os 22°C, o clima é classificado como *Csb*. Na região Sul e em Trás-os-Montes, onde os meses mais quentes apresentam temperaturas médias superiores a 22°C, o clima é classificado como *Csa*.

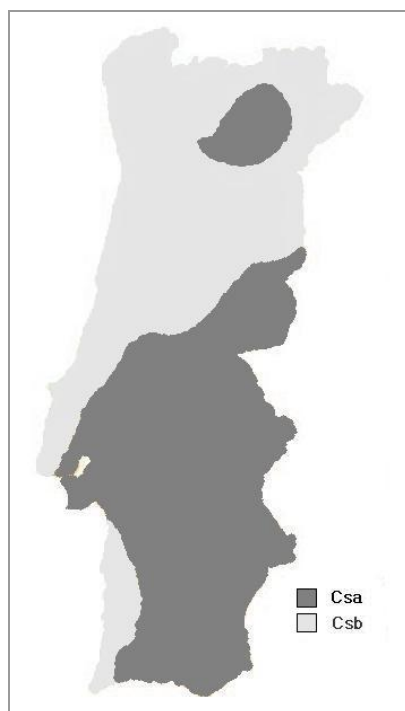


Figura 2.6 Classificação climática de Portugal segundo Köppen, médias de 1961–90 (Pimenta e Cristo, 1998)

2.3.2 Evapotranspiração de referência, precipitação e escoamento

A distribuição espacial da precipitação (P) e da evapotranspiração de referência (ET_o), calculada pelo método de Penman, expressas em valores médios anuais e reportadas aos períodos de 1959/60 a 1990/91 e de 1961 a 1990, respectivamente, em Portugal Continental, apresenta-se na Figura 2.7. A variabilidade espacial é notória, especialmente no caso da precipitação. Existe também uma grande variabilidade espacial na distribuição dos escoamentos médios anuais (Q_v) (Figura 2.9). A precipitação e o escoamento decrescem de Norte para Sul e do litoral para o interior enquanto que a evapotranspiração cresce. Pode observar-se que as regiões que apresentam valores mais elevados de ET_o ($ET_o > 1100$ mm) apresentam simultaneamente os valores mais baixos de P ($P < 700$ mm) e de escoamento ($Q_v < 400$ mm).

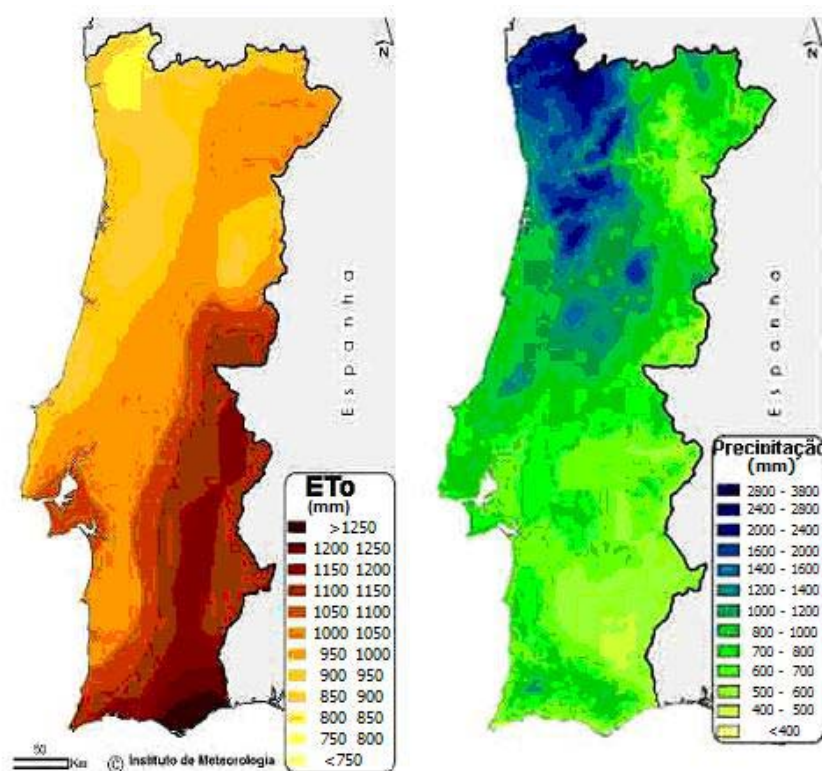


Figura 2.7 Distribuição espacial da evapotranspiração de referência (IM), e da precipitação (INAG) médias anuais 1960/61–90/91 e 1961–90, respectivamente

Nos mapas apresentados apenas se representa a variabilidade espacial. Importa, no entanto, referir que a variabilidade interanual da precipitação é elevada, apresentando, para o Alentejo, um coeficiente de variação da ordem dos 30%. Esta variabilidade traduz-se na ocorrência frequente de secas, especialmente no Sul de Portugal. Por outro lado, a

distribuição da precipitação ao longo do ano hidrológico apresenta características marcadamente sazonais, como se pode observar na Figura 2.8 onde se apresentam os valores da região do Alentejo.

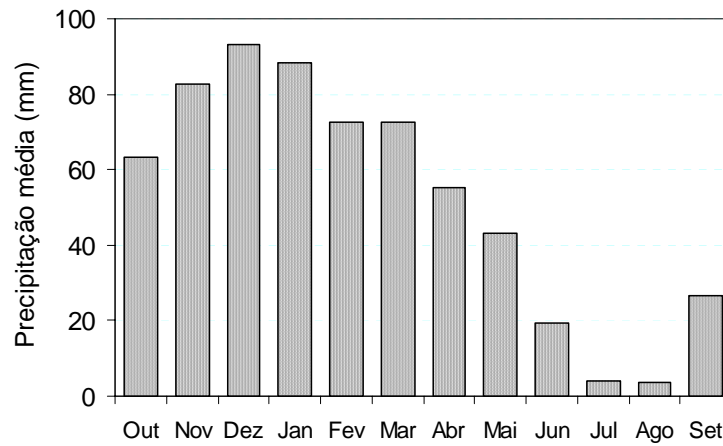


Figura 2.8 Distribuição mensal da precipitação no Alentejo, no período de 1931/32 a 1998/99

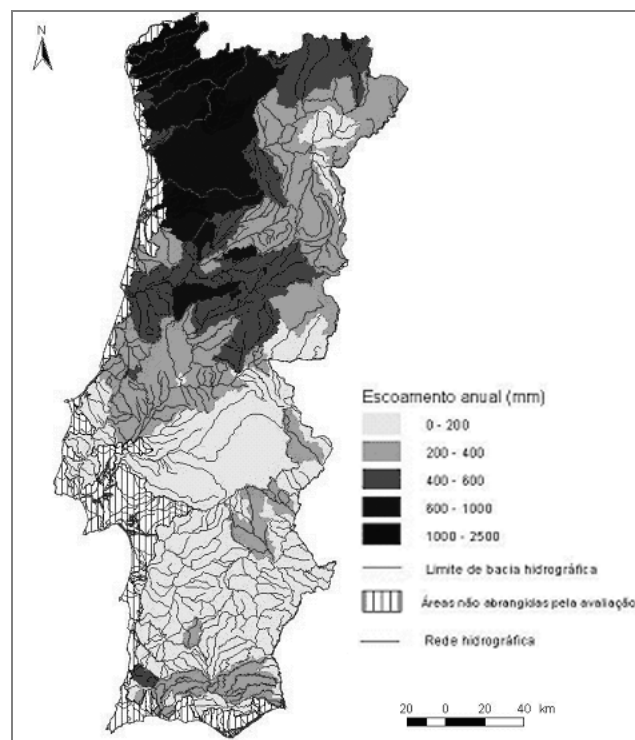


Figura 2.9 Distribuição espacial do escoamento anual médio em Portugal Continental no período de 1941/42 a 1990/91 (INAG, 2001)

Pode observar-se que a variabilidade do escoamento, representada ao nível da bacia hidrográfica, também é elevada (Figura 2.10). Os valores médios do escoamento para um período de 50 anos mascaram a ocorrência de caudais muito baixos ou mesmo nulos durante o verão e especialmente nos períodos de seca. Nas bacias do Sul o escoamento

apresenta medianas baixas, indicativas de disponibilidades de água muito limitadas (Pereira e Paulo, 2004).

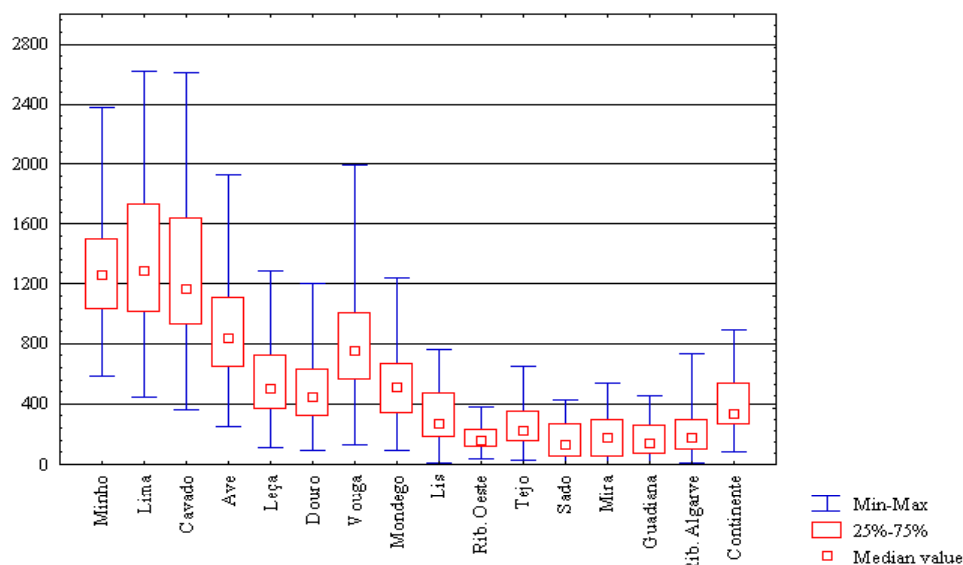


Figura 2.10 Variação do escoamento anual (mm) por bacia hidrográfica no período de 1941/42 a 1990/91 (INAG, 2001)

Também a repartição da precipitação e da evapotranspiração ao longo do ano apresenta características marcadamente sazonais. Reportando-nos ao Alentejo, e considerando a precipitação e a evapotranspiração de referência, calculada pela equação de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), constata-se que em Évora, no período 1965–2000 (Figura 2.11) a precipitação no semestre húmido, de Outubro a Março, representa 72% da precipitação anual, e no semestre seco, de Abril a Setembro, 28%, enquanto que a evapotranspiração se reparte em 27% para o semestre húmido e 73% para o semestre seco. Os valores médios anuais da precipitação e da evapotranspiração de referência, em Évora, no período referido, correspondem a 635 mm e 1220 mm, respectivamente.

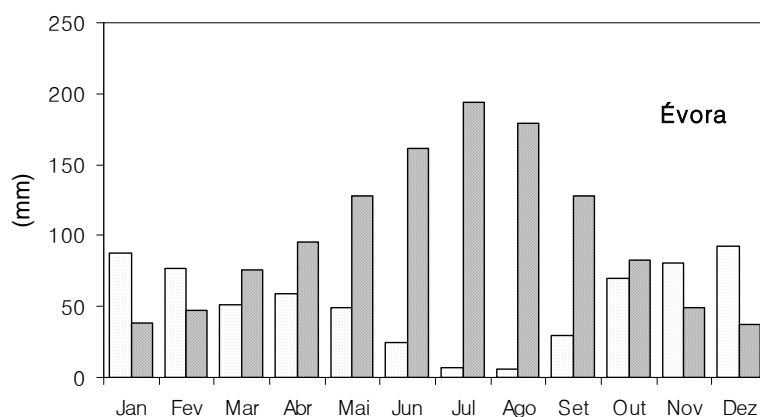


Figura 2.11 Repartição mensal dos valores médios da precipitação (□) e da evapotranspiração de referência (▨) em Évora no período de 1965–2000

2.3.3 Aridez

O índice de aridez (Ia), razão entre os valores médios anuais da precipitação e da evapotranspiração, apresenta valores inferiores a 0,5, indicativo de clima semiárido, ou valores entre 0,5 e 0,65, relativos a clima sub-húmido seco, em largas áreas do território nacional (Figura 2.12). A distribuição espacial do índice de aridez permite identificar as zonas mais susceptíveis à desertificação (semi-áridas e sub-húmidas). Pode observar-se que a Sul do Tejo o clima é mais árido, e que nomeadamente a bacia do Guadiana apresenta características semi-áridas. Por exemplo em Elvas, e para outro período de análise (1965–2000), o índice de aridez, calculado utilizando a equação de Penman–Monteith para a evapotranspiração de referência (Allen, *et al.*, 1998), toma o valor de 0,39.



Figura 2.12 Índice de aridez relativo ao período 1961–1990 (Pimenta *et al.*, 1997)

A distribuição do índice de aridez, classificado como índice bio-climático pela FAO, reflecte a relação entre o clima e as disponibilidades de águas superficiais (Figuras 2.7 e 2.9) e, mais geralmente, com as disponibilidades totais, visto que a produtividade dos aquíferos nas regiões afectadas pela aridez são geralmente baixas (INAG, 2001; Pereira e Paulo, 2004).

2.4 Escassez de água em Portugal

A escassez de água é muitas vezes avaliada, não apenas em termos do balanço hídrico e dos recursos hídricos renováveis, mas também das disponibilidades em água *per capita*, dependendo por esse motivo da população da região em causa. Em Portugal, as disponibilidades médias anuais *per capita*, 6 100 m³, são largamente superiores à procura, 950 m³ (INAG, 2001). A escassez de água não é, pois, um problema premente (Figura 2.3). No entanto, a variabilidade espacial e principalmente a variabilidade temporal na distribuição da precipitação e do escoamento originam manifestações de escassez relativamente frequentes.

Pais e Santos (2000), ao analisarem a escassez de água em Portugal e a política tarifária em regadio, utilizam um conjunto de três indicadores de escassez de água, o índice de Falkenmark (IF), o índice das Nações Unidas (INU) e um indicador do International Water Management Institute (IIWMI), desagregados por bacias hidrográficas. O índice de Falkenmark, conforme já referido, traduz as disponibilidades anuais de água *per capita*, enquanto que os outros dois índices traduzem a utilização da água como percentagem da sua disponibilidade total, referindo-se o INU à situação actual, enquanto que o indicador do IWMI, além da situação actual, também contempla as utilizações futuras de água.

Pais e Santos (2000) calcularam estes índices com base nas afluências e necessidades de água, actuais e a médio prazo em 2015, obtidas de Henriques (1985) e do INAG (1995, 1996). A aplicação dos índices ao nível das bacias permite distinguir diferentes situações de escassez (Figura 2.13).

Conclui-se deste estudo que o índice de Falkenmark é o mais optimista, uma vez que só na bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste se detecta uma escassez moderada ($1000 \text{ m}^3 < \text{IF} < 1\,700 \text{ m}^3$) com valores de $1\,280 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{capita}$. Quer o índice das Nações Unidas quer o índice do IWMI fornecem indicações menos optimistas para o nível de escassez. Nas bacias hidrográficas do Ave e Leça, do Sado e das Ribeiras do Algarve a escassez é classificada como severa pelos dois índices, INU e IIWMI. A escassez nas bacias do Vouga, do Mondego, das Ribeiras do Oeste e do Mira é classificada pelo INU como “moderada a severa” e como “pequena ou inexistente” pelo IIWMI. No Alentejo, os índices INU e IIWMI reflectem situações de escassez severa na bacia do Sado, 62,7% e 202,9%, respectivamente. Na bacia hidrográfica do Guadiana, com disponibilidades por ano e *per capita* estimadas em 29 373 m³, o INU toma valores da ordem dos 7%, indicando escassez pequena ou inexistente ($\text{INU} < 10\%$), enquanto que o IIWMI, estimado em 220%, aponta para escassez moderada a severa ($\text{IIWMI} > 200\%$), pois contempla as perspectivas

de acréscimo futuro do consumo. No entanto, a situação não é referida como muito preocupante (Pais e Santos, 2000), pois a área afectada por escassez moderada a severa e severa representa 34% e 30% da área total de Portugal continental, identificada respectivamente pelo INU e pelo IIWMI, às quais correspondem 36% e 13% da população total.

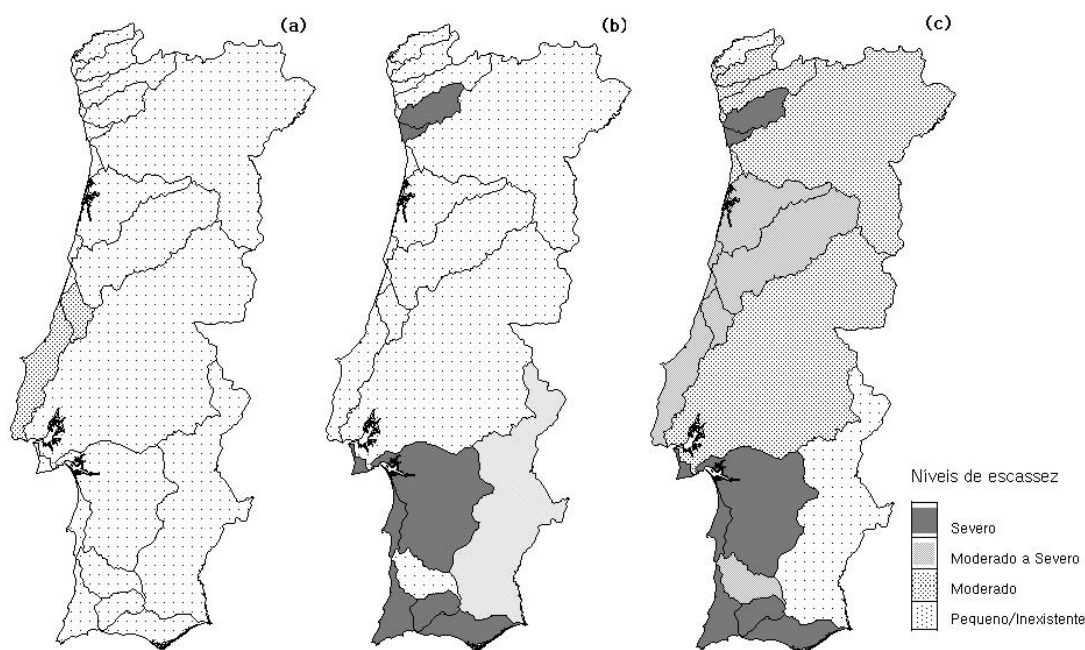


Figura 2.13 Níveis de escassez de água por bacia hidrográfica: índices de (a) Falkenmark, (b) IIWMI e (c) NU (baseado em Pais e Santos, 2000)

A discrepância entre os resultados fornecidos pelos indicadores referidos deve-se essencialmente à sua natureza e aos limites estabelecidos para a escala de classificação das situações de escassez. No INU, mais exigente que o IIWMI quanto aos limites da definição de escassez, existem limites de classificação variáveis consoante os níveis de escassez deixando esta de ser considerada severa para valores do rácio utilizações/disponibilidades abaixo dos 40%. O indicador IIWMI utiliza um único limite superior para o rácio utilizações/disponibilidades (50%) abaixo do qual a escassez deixa de ser considerada severa, incluindo depois as utilizações futuras da água para classificações em níveis de severidade inferior.

Assim, quando se consideram os indicadores INU e IIWMI nas bacias a Sul do Tejo, nomeadamente na bacia do Guadiana, verifica-se que a situação de escassez, de pequena ou inexistente (INU), passa a moderada a severa (IIWMI). Tal facto poderá atribuir-se ao

acréscimo previsto quer da evaporação quer da área regada na bacia devido ao aproveitamento do Alqueva, pois este índice, além da pressão actual sobre os recursos hídricos contempla também as utilizações futuras da água. Nas bacias hidrográficas do Tejo e a Norte do Tejo, níveis de escassez identificados como moderados e moderados a severos pelo INU são considerados pelo IIWMI como de escassez pequena a inexistente, o que poderá ser explicado não só pelos limites da escala de classificação mas também pelo facto de não se preverem acréscimos significativos quer da área regada quer do consumo de água na agricultura (Correia, 2000).

Esta abordagem, apesar de contemplar a variabilidade espacial, pois a análise é feita ao nível da bacia hidrográfica e não do País como um todo, não tem em conta a variabilidade na distribuição das disponibilidades (e necessidades) ao longo do tempo.

No Plano Nacional da Água (INAG, 2001) as necessidades médias de água para o período 1940/41–1990/91, são comparadas com vários quantis de disponibilidades, obtidos a partir das curvas de distribuição empírica, em cada bacia hidrográfica. O rácio disponibilidades/necessidades é utilizado para identificar situações em que as disponibilidades não são suficientes para garantir a totalidade das necessidades. Conclui-se que, a Norte do Tejo, a escassez de água só em anos extremamente secos (com períodos de retorno superiores a 20 anos) poderá ocorrer. A Sul do Tejo são identificadas grandes áreas com situações de escassez de água com períodos de retorno da ordem dos 5 a 10 anos e nalgumas áreas (cabeceiras do Mira, Sado, Caia e Ribeiras do Algarve) os valores estimados indicam situações de escassez com períodos de retorno entre os 2 e os 5 anos. O Plano não contempla a avaliação das situações de escassez hídrica resultantes da variabilidade sazonal, sugerindo estudos de pormenor nas bacias identificadas como “deficitárias ou quase deficitárias” (pp 34/55,5–II, Plano Nacional da Água, INAG, 2001).

Uma vez que esta análise se baseia na distribuição empírica das disponibilidades anuais referentes ao período 1940/41–1990/91 em vez de considerar simplesmente valores médios anuais actuais e previstos, caso dos indicadores anteriormente apresentados, permite avaliar a frequência das situações de escassez (disponibilidades inferiores às necessidades) e os respectivos períodos de retorno.

Pode, pois, concluir-se que, apesar de Portugal não ser considerado um País com escassez hídrica, uma análise por bacia hidrográfica permite detectar áreas mais sensíveis. Se, para além disso, se considerar a variabilidade interanual e sazonal, constata-se que, particularmente a Sul do Tejo, as bacias do Sado, do Mira e das Ribeiras do Algarve, e

também a bacia do Guadiana podem apresentar situações de escassez hídrica, nomeadamente quando as disponibilidades tomam valores inferiores à mediana (INAG, 2001).

2.5 Seca: variáveis, escalas de análise e limiares críticos, estudos sobre a seca em Portugal

Uma seca é geralmente caracterizada através da sua severidade, duração e frequência; a área afectada pelas secas é um indicador da sua importância a nível regional.

Para caracterizar uma seca recorre-se usualmente a dados climáticos e/ou hidrológicos. A escala de tempo a utilizar na análise é definida de acordo com os objectivos do estudo. É comum a identificação do início da seca quando a precipitação verificada num dado período de tempo se torna inferior a um limiar estabelecido. O limiar que define o início da seca é muitas vezes definido por uma percentagem da precipitação normal¹.

As definições operativas de seca contribuem para a identificação do seu início e fim e do seu grau de severidade. Para esse efeito, é necessário seleccionar a variável ou o conjunto de variáveis a analisar, escolher a escala de tempo a utilizar na análise, arbitrar valores para o limiar de seca, e, no caso de uma análise regional, para a área crítica.

2.5.1 Variáveis a considerar

A escolha das variáveis a utilizar na análise de situações de seca deverá atender à natureza do estudo. Se o estudo incidir principalmente sobre a caracterização e/ou predição da seca, como é o caso do presente trabalho, deverão utilizar-se variáveis climáticas e eventualmente variáveis hidrológicas, por exemplo o escoamento ou os níveis de armazenamento das albufeiras. A precipitação é a variável climática mais importante, uma vez que é determinante na disponibilidade de água; quando se pretende uma abordagem na perspectiva agrícola a evapotranspiração e a reserva de água no solo também deverão ser consideradas.

A precipitação é também a variável com períodos de registo mais longos e aquela cujos dados são mais fáceis de obter, uma vez que os dados estão disponíveis *on-line* no *site* do INAG e são regularmente actualizados para um número considerável de postos de medição.

¹ As normais climáticas são definidas pela WMO como as médias de um elemento climático calculadas para um período uniforme e relativamente longo, compreendendo pelo menos três períodos consecutivos de 10 anos (Guttman, 1998a).

As séries de temperaturas máximas e mínimas do ar, indispensáveis para o cálculo da evapotranspiração de referência, são mais escassas e dificilmente disponibilizadas pelas entidades responsáveis. A rede de estações meteorológicas que registam a insolação, a velocidade do vento e a humidade relativa do ar – variáveis que, para além da temperatura máxima e mínima, figuram na equação da FAO Penman–Monteith utilizada para estimar a evapotranspiração de referência (*ET_o*) – apresenta uma baixa densidade espacial e as respectivas séries temporais, além de serem curtas, têm muitas falhas de observações. No entanto as directivas mais recentes da FAO recomendam a adopção da equação de Penman–Monteith como único método padrão para a definição e cálculo de *ET_o*, a qual deverá ser utilizada desde que se disponha de séries de temperaturas máximas e mínimas, recorrendo a procedimentos específicos para estimar os parâmetros climáticos em falta (Allen *et al.*, 1998; Pereira e Allen, 1999).

Dados referentes ao escoamento estão disponíveis *on-line*, no *site* do INAG. No entanto, em muitos cursos de água o regime hidrológico foi alterado devido à construção de barragens a montante, verificando-se a redução do caudal médio, a diminuição da variação sazonal do caudal e a atenuação da magnitude de eventos extremos (Alves, 2003). Matias (2003) num estudo de caudais ecológicos realizados no âmbito dos estudos preparatórios do Plano Nacional da Água, identificou 16 cursos de água, com pelo menos 10 anos de observações em regime natural, nas bacias do Sado e do Guadiana, para os quais estimou um conjunto de características hidrológicas como objectivo de caracterizar o regime e tipos de escoamento. Neste estudo apresentam-se e aplicam-se várias metodologias para a caracterização de escoamentos de base. A estimativa de caudais mínimos com uma dada duração, para diferentes tempos de retorno, bem como das características dos caudais de base associadas ao cálculo de volumes em défice relativos aos limiares críticos escolhidos estão em desenvolvimento pelo autor (Matias, 2003). Alves (2003) refere que no Alentejo existem muitos aproveitamentos de interesse particular, destinados sobretudo à rega: só na bacia portuguesa do Guadiana, foram inventariados cerca de 1800 pequenos aproveitamentos hidráulicos.

Dados relativos à reserva utilizável do solo, um parâmetro físico do solo utilizado no balanço hídrico, são escassos. Este parâmetro físico apresenta uma grande variabilidade espacial, embora para efeitos do estudo da seca se possa adoptar um valor médio representativo da área em estudo. Por outro lado, não existem registos sistemáticos do teor de humidade do solo, pelo que estes valores apenas poderão ser estimados através de modelos de balanço hídrico.

Uma vez que o objectivo do presente estudo é a caracterização das secas essencialmente do ponto de vista meteorológico, utilizaram-se apenas as variáveis precipitação e evapotranspiração. A precipitação foi utilizada na aplicação da teoria dos chorrilhos e na obtenção do índice de seca SPI. A precipitação e a evapotranspiração foram utilizadas na obtenção do índice de seca de Palmer (Capítulo 3).

2.5.2 Limiares críticos, probabilísticos e empíricos

A designação genérica “limiar crítico”, a propósito de secas, pode referir-se a dois conceitos distintos, consoante é utilizada: a) para a identificação de secas locais de *per si* ou b) para a identificação de secas regionais, aplicando aos resultados da identificação e caracterização local um qualquer método de estimação espacial, *e.g.* polígonos de Thiessen, *krigagem*. Assim, na análise regional das secas efectuada a partir das séries locais, utiliza-se o limiar crítico para identificação das secas observadas pontualmente, nos locais de medição da ou das variáveis de interesse e, posteriormente, um outro limiar, muitas vezes designado por *área crítica*, que permite avaliar a extensão espacial da seca e a sua severidade a nível regional. Santos (1981, 1983) designa colectivamente estes dois limiares por parâmetros críticos, adoptando a designação *limiar crítico* na análise pontual e a designação *área crítica* na análise regional das secas.

Adoptando a designação de Santos (1981, 1983), entende-se por limiar crítico o valor da variável, ou do índice, x_c , utilizado para identificar a ocorrência da seca e quantificar a sua severidade. Assim, considera-se que existe uma situação de seca quando a variável toma valores inferiores a esse valor de referência. O limiar crítico, apesar de estabelecido de forma arbitrária, deverá reflectir quer a procura de água na região, quer a sua vulnerabilidade à escassez.

O limiar crítico pode ser constante ou variável no tempo. Um limiar crítico variável é utilizado quando as variáveis de interesse têm um comportamento sazonal. Para um período de sazonalidade S , igual a 12, a 4 ou a 2, correspondente a dados mensais, trimestrais ou semestrais, respectivamente, o número de valores estabelecidos para o limiar crítico iguala o período de sazonalidade. Na Figura 2.14 exemplifica-se a aplicação à precipitação acumulada por trimestre, de um limiar crítico variável, trimestral, de valor $\bar{x}_T - s_T$, em que \bar{x}_T e s_T representam a precipitação média e o desvio padrão da precipitação, no trimestre T .

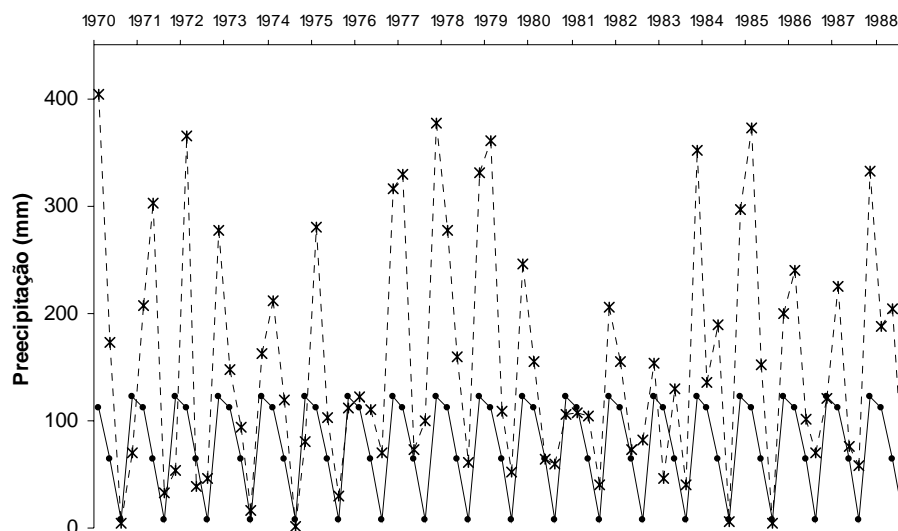


Figura 2.14 Precipitação trimestral (—*—) em Évora, no período 1970–1989, e limiar crítico $\bar{x}_T - s_T$ (—●—), obtido para o período de 1931/32–1999/2000

Vários parâmetros têm sido utilizados para o limiar crítico, x_c , tais como a mediana, uma qualquer função da média, ou, recorrendo à função de distribuição empírica ou teórica da variável de interesse, um quantil de ordem p . No entanto, parece razoável adoptar para x_c um valor tal que a precipitação, se for esta a variável de interesse, tenha uma pequena probabilidade de tomar valores inferiores a x_c , por exemplo 0,10 ou 0,20 (Santos, 1981, 1996, 1998; Santos e Henriques, 1998; Santos e Gamboa, 2000).

Quando a análise é efectuada recorrendo a índices de seca, estes têm muitas vezes associada uma escala de severidade que permite classificar a situação em cada intervalo de tempo. Esta escala pode ter sido estabelecida empiricamente, como é o caso do Índice de Palmer (PDSI), ou ter uma base probabilística, tal como acontece no *Standardized Precipitation Index* (SPI). Em ambos os índices, o valor zero constitui o limiar crítico (Palmer, 1965; McKee *et al.*, 1993, 1995), embora geralmente só para valores de $PDSI < -2$ ou de $SPI < -1$ se considerem situações de seca claramente estabelecida (NDMC, 2004).

Quando, na análise da seca, se utilizam várias variáveis identificadoras, por exemplo a precipitação, o escoamento, a água disponível no solo, ou vários índices, por exemplo o índice de Palmer e o SPI, associando um limiar crítico a cada variável ou uma escala de severidade a cada índice, torna-se necessário compatibilizar a informação fornecida pelos vários indicadores, como se indica na Secção 3.1.2. Esta compatibilização deverá ser feita tomando em conta a importância relativa das variáveis e/ou índices e das actividades dependentes dos recursos hídricos na região.

2.5.3 Escalas de análise

As escalas temporal e espacial da análise são determinantes na identificação quer dos períodos secos quer das áreas afectadas pela seca.

2.5.3.1 Escala temporal

Designa-se por escala temporal de análise o intervalo de tempo para o qual é analisada a variável de interesse (ou conjunto de variáveis) que mede a água disponível. O intervalo de tempo deverá ser escolhido em função da finalidade a que se destina a análise e é muitas vezes condicionado pelos dados disponíveis. Assim, quando está em causa a disponibilidade dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, e os impactos da seca sobre estes recursos, é preferível utilizar intervalos de tempo longos, geralmente um mês ou grupos de meses. Existem índices de seca que podem ser calculados para várias escalas temporais, como por exemplo o SPI, e outros cuja escala temporal está incorporada na formulação do índice, não oferecendo possibilidades de alteração. Dracup *et al.* (1980b) indicam o mês como o intervalo mínimo de tempo a utilizar na análise de secas.

Intervalos de tempo mais longos propiciam uma maior independência entre valores de uma dada variável. Por exemplo, enquanto a precipitação anual pode ser considerada uma variável independente, o mesmo já não se verifica com a precipitação mensal, ou seja, a precipitação que ocorre num dado mês depende, em certa medida, da precipitação que ocorreu no mês anterior visto poder estar associada a determinadas condições da circulação global da atmosfera. Ao efectuar uma abordagem probabilística da seca, os pressupostos de independência entre acontecimentos assumem especial importância, pois simplificam a análise. Além disso, é mais fácil encontrar funções de distribuição que se ajustem às variáveis quando estas estão definidas em intervalos de tempo mais longos. A escolha de intervalos de tempo mais alargados tem algumas vantagens: a) menores flutuações nos valores das variáveis; b) menor autocorrelação nas séries temporais da ou das variáveis hidrológicas (*e.g.* precipitação, escoamento, evapotranspiração) utilizadas no cálculo dos índices de seca e dos próprio índices; c) maior independência entre as secas identificadas.

A escolha de um intervalo de tempo reduzido na identificação de secas faz com que, durante um período de seca prolongado, uma única seca de longa duração seja dividida em secas sequenciais de menor duração, dependentes entre si. Assim, intervalos de tempo menores permitem identificar um maior número de secas, de menor duração, frequentemente os “veranicos” atrás referidos. Dado que a seca é um fenómeno

persistente, a escolha do intervalo de tempo para análise é muito importante. Para evitar problemas como o referido, deverão adoptar-se maiores intervalos de tempo, ou, alternativamente, a definição do evento seca deverá ponderar situações anteriores, por exemplo utilizando médias móveis.

Na Figura 2.15 exemplifica-se a evolução temporal (Janeiro de 1940 a Maio de 1948) do SPI obtido mensalmente a partir de totais móveis da precipitação mensal, referentes a intervalos de tempo de (a) 3 e de (b) 12 meses, em Évora. Valores negativos do índice indicam situações de seca.

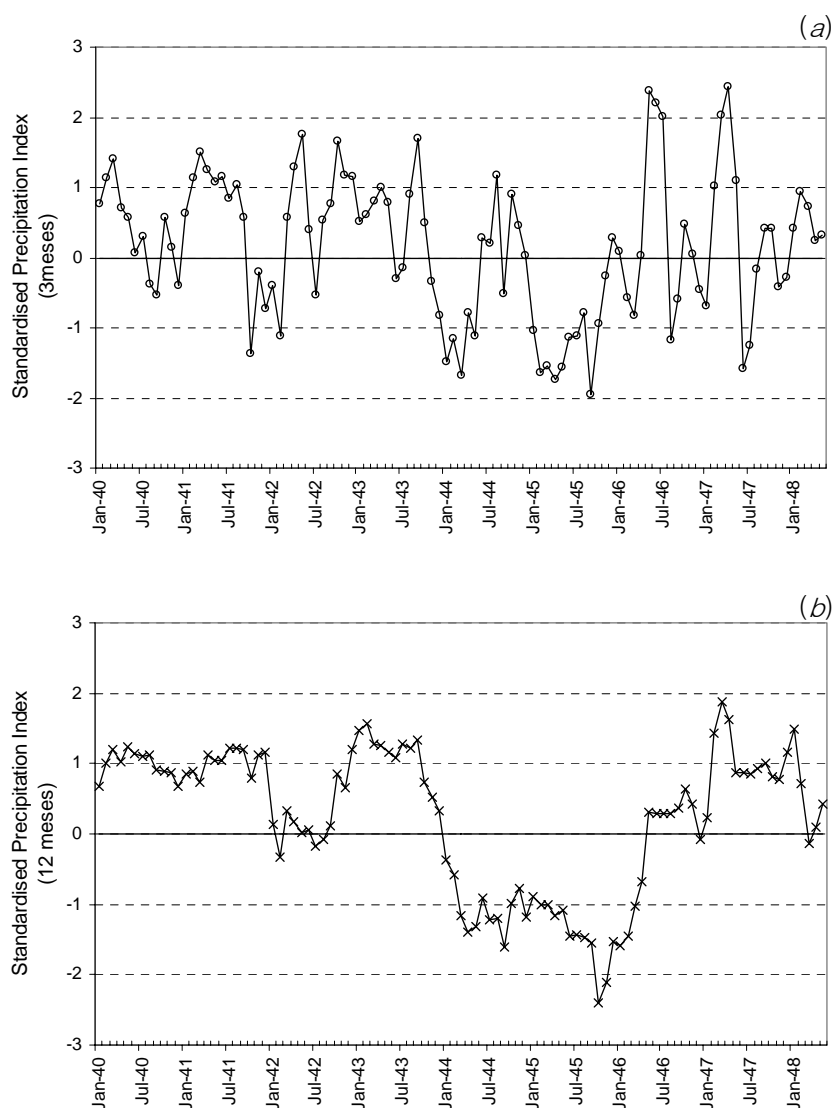


Figura 2.15 Séries temporais do índice de seca SPI, em escalas de tempo de (a) 3 e de (b) 12 meses, no período de Janeiro 1940 – Maio 1948, Évora

O efeito da escala de tempo no número e na duração das secas identificadas é bem patente: uma seca de longa duração (Figura 2.15 b), de Janeiro de 1944 a Maio de 1946, é

dividida em quatro secas de menor duração (Figura 2.15 a) se o passo de tempo for pequeno. Observa-se também que as características cumulativas da seca (magnitude) são melhor evidenciadas quando se utiliza uma escala temporal mais longa.

2.5.3.2 Escala espacial

A importância de uma seca mede-se não só pela sua severidade e duração mas também pela sua extensão espacial. Assim, é usual referir secas pontuais ou locais e secas regionais. A medição das variáveis meteorológicas, hidrológicas, ou outras, que traduzem a situação dos recursos hídricos, e que são seleccionadas como determinantes da seca, é pontual e discretizada no espaço. Cada observação, associada a um dado ponto do espaço, é referenciada geograficamente, podendo traduzir apenas a situação no local de medição ou, como por exemplo no caso de caudais ou níveis de armazenamento de reservatórios, integrar também as condições da bacia a montante. A análise de séries de precipitação correspondentes a um ponto de medição permite identificar as secas designadas por pontuais ou locais. Para analisar a seca numa dada região é necessário recorrer a métodos estatísticos, onde se destaca a análise regional de frequências (Hosking e Wallis, 1997), ou a métodos de interpolação espacial que podem ser simples métodos geométricos e que recorrem ao critério da *área crítica* (Tase, 1976; Santos, 1981, 1983; Rossi *et al.* 1992; Vaz, 1993; Santos, 1996), ou ainda a métodos que analisam a variabilidade espacial da precipitação e/ou de outras variáveis ou índices de interesse, através de técnicas de regressão multivariada ou de técnicas geostatísticas.

Quando se utiliza o critério de *área crítica* considera-se que uma dada região está em seca quando a área total em seca nessa região, obtida a partir das observações locais, excede um determinado limiar arbitrado previamente. Em estudos efectuados em Portugal foram propostos limiares críticos de 50% (Santos, 1981; Vaz, 1993) e de 75% (Santos *et al.*, 1983).

Na Figura 2.16, a evolução temporal da área do Alentejo (%) afectada mensalmente pela seca, no período de 1932 a 1999, é representada pela curva superior do gráfico. Esta área resultou da agregação das áreas de influência dos postos udométricos, obtidas pelo método de Thiessen. A identificação das secas locais e do seu grau de severidade foi feita recorrendo ao SPI, com uma escala de tempo de 12 meses (Secção 3.3.2), utilizando séries de precipitação referentes a 49 postos udométricos.

A classificação da seca, no que respeita à sua extensão espacial, proposta por Bettencourt (1975), é apresentada no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 Classificação da seca em função da área afectada (Bettencourt, 1975)

Classificação da seca	Área afectada (% da área total)
Local	<10
Extensa	10 – 20
Muito extensa	21 – 30
Muitíssimo extensa	30 – 50
Generalizada	>50

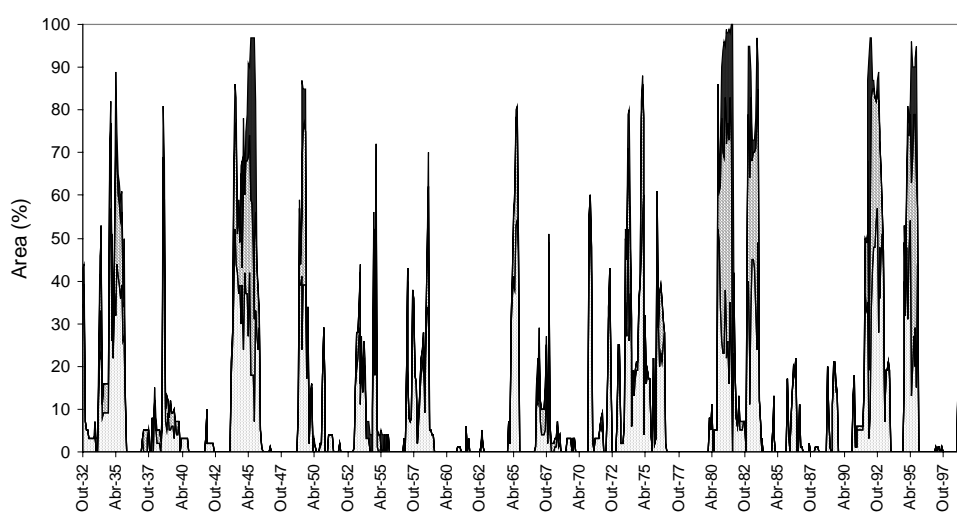


Figura 2.16 Percentagem da área do Alentejo afectada por seca moderada (□), severa (▤) e extrema (■) no período de 1932 a 1999

Pode concluir-se que o Alentejo é afectado por secas de uma forma aleatória e que muitas vezes as secas afectam uma área considerável, podendo ser classificadas como muito extensas ou generalizadas.

2.5.4 Análise das secas em Portugal

Vários têm sido os estudos realizados para a análise de secas em Portugal, nos últimos 30 anos, entre os quais se incluem Bettencourt (1975), Loureiro (1976), Almeida (1981), Santos (1981, 1983), Gonçalves (1982), Cunha (1982), Santos *et al.* (1983), Correia *et al.* (1987), Reis (1992), Vaz (1993), Espírito Santo (1993), Santos (1996, 1998), Pimenta e Cristo (1998), Paulo e Pereira (2002, 2004a), Paulo *et al.* (2003a, 2003c), Pires (2003).

No Quadro 2.4 apresenta-se um breve resumo dos principais trabalhos, com a indicação do autor, a metodologia utilizada, a região do País alvo do estudo e o período a que se

referem. São também apresentados, resumidamente, os resultados obtidos e as conclusões a que chegaram.

Saliente-se que na maior parte dos estudos efectuados são utilizados apenas dados de precipitação. Em três trabalhos, que aplicam o índice de Palmer, para além da precipitação utiliza-se também a temperatura, para estimar a evapotranspiração.

Os anos de 1943, 1944, 1945, 1980 e 1981 são identificados como os anos em que a seca atingiu maior severidade e maior extensão espacial, na generalidade dos estudos que incluem estes anos no período analisado.

Quadro 2.4 Análises da seca em Portugal Continental, desde 1970 (continua)

Autor, data	Região	Período analisado	Variável	Escala temporal	Metodologia– Limiares críticos	Resultados/Conclusões
Bettencourt, 1975	Portugal Continental	1940–1969	Precipitação	Ano	Decis–1º decil	Anos mais secos: 1944,1945,1949,1950,1953,1954,1957,1967 (87 a 70% da área afectada) Período de retorno de seca generalizada: 15 anos
Loureiro, 1976	Algarve	1941/42–1975/76	Precipitação	Ano	Teoria dos chorrilhos–75% da precipitação média anual	Anos mais secos: 1943/44,1944/45,1956/57,1957/58,1964/65,1966/67, 1973/74,1974/75
Almeida, 1981	Portugal Continental	1934–1973	Precipitação	Mês	Herbst <i>et al.</i> – Médias mensais	Duração média das secas pontuais: 15 a 27 meses Número de secas: 11 a 18
Santos M.A., 1981	Portugal Continental (2 regiões, interior Norte+Sul, Norte não interior)	1932/33–1979/80	Precipitação	Ano	Teoria dos chorrilhos– quantis 0.20 e 0.10, várias % da área total	Semelhança entre as 2 regiões. Secas com durações em geral inferiores a 2 anos; área média em seca representa 70% da área total. Secas regionais identificadas, para o quantil 0.2 e uma área crítica 50%: 1932/33–1933/34, 1943/44–1944/45,1948/49–1949/50, 1952/53–1953/54, 1956/57–1957–58, 1964/65, 1967/68, 1974/75–1975/76.
Gonçalves, 1982	Portugal Continental (4 regiões)	1939–1975	Precipitação, Temperatura	Mês	Índice de Palmer	Períodos de seca generalizada: Dez43–Set45 (21 meses),1964–65 (11 meses), 1954 (8 meses),1953 e 1956/57 (7 meses),1971/72 (5 meses), 1950/51 (4 meses) Regiões com 0%–4% dos meses em seca extrema e 4–10% em seca severa

Quadro 2.4 Análises da seca em Portugal Continental, desde 1970 (continuação)

Autor, data	Região	Período analisado	Variável	Escala temporal	Metodologia– Limiares críticos	Resultados/Conclusões
Reis, 1992	Portugal Continental (7 regiões agrícolas)	1928/29– 1990/91	Precipitação	Ano	Decis	Secas severas mais frequentes no Alentejo Anos secos e/ou extremamente secos com % da área total afectada superior a 40%: 1944/45 e 1980/81 (100%), 1964/65 (78%), 1948/49 (56%), 1952/53(48%), 1975/76 (42%)
Espírito Santo, 1993	Portugal Continental	1931/32– 1991/92	Precipitação	Ano	Índice normalizado de anomalia	Resultados semelhantes a Reis, 1992 Ano de 1991/92 muito seco, extensão espacial 100% da área de Portugal
Vaz, 1993	Distritos de Beja e Faro	1931/32– 1990/91 e 1991/93	Precipitação	Mês	Teoria dos chorrilhos, mediana	Anos mais secos: 1944/45, 1980/81, 1973/74, 1991/1993, 1934/35, 1957/58
Santos M.J., 1996	Bacia do Guadiana	1940/41– 1994/95	Precipitação	Ano	Teoria dos chorrilhos, quantil 0,2	Anos de seca: 1943/44, 1944/45, 1956/57, 1957/58, 1964/65, 1966/67, 1973/74, 1980/81, 1982/83, 1991/92, 1994/95.
Pimenta e Cristo, 1998	Portugal Continental	1941–1992	Precipitação, Temperatura	Mês	Índice de Palmer	Anos de seca generalizada: 1944, 1945, 1955, 1981, 1992
Pires, 2003	Sul do sistema Montejunto–Estrela: – séries longas em 3 estações climatológicas – séries curtas onde disponíveis	Período mais longo: 1901–2001 Período mais curto: 1961–2000	Precipitação, Temperatura	Mês	Índice de Palmer	Período mais longo: Década de 90 com secas mais frequentes Conclusão geral: tendência para uma maior frequência na ocorrência de secas na(s) última(s) década(s) do período analisado

2.6 Preparação para as secas: medidas de prevenção e de mitigação

A percepção e avaliação do risco de seca por parte de uma comunidade, e de quais as suas consequências, é uma pré-condição para a aceitação de medidas de mitigação (Carvalho *et al.*, 1999). Muitas das decisões para minorar os efeitos da seca são tomadas com base na percepção individual e não na avaliação que os técnicos fazem do fenómeno.

Numa sondagem efectuada pela WMO (Das *et al.*, 2003) em 57 países de diferentes continentes, a seca é o evento agrometeorológico extremo mais referido (91% dos países) na resposta à questão “No seu país, a agricultura e a pecuária são afectadas por um ou mais dos seguintes acontecimentos extremos?” (Figura 2.17). Existe a percepção clara de que a seca, entre os eventos listados, é o fenómeno que mais afecta a actividade agrícola.

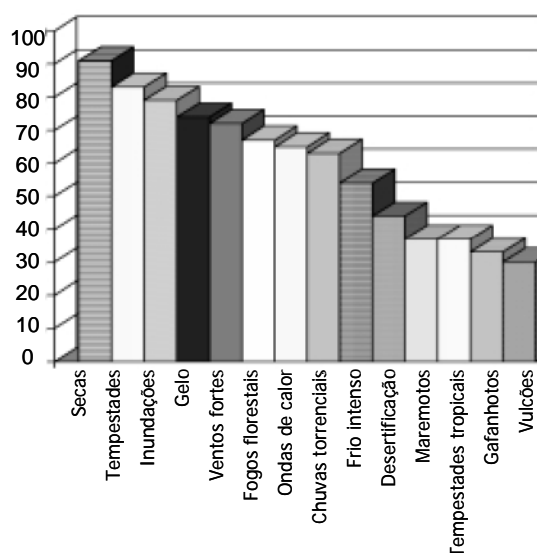


Figura 2.17 Percentagem de países noticiando impactos de eventos agrometeorológicos extremos sobre a agricultura (adaptado de Das *et al.*, 2003)

A percepção, a avaliação do risco e o entendimento das populações sobre as causas e as medidas a tomar em situações de escassez de água têm sido objecto de vários estudos em Portugal. Entre estes, destacam-se Rodrigo *et al.* (2001) que aborda a temática das secas e Roxo e Mourão (1998), Correia (2004) e Roxo e Casimiro (2004) sobre a desertificação.

Assim, em Rodrigo *et al.* (2001), analisa-se a forma como a ocorrência de secas é considerada pelos diferentes grupos sociais, interferindo nas suas atitudes e decisões, e é integrada pelas entidades e instituições que intervêm no planeamento local e regional,

numa região periodicamente afectada por secas, o Baixo Alentejo. Conclui-se que as respostas dos agricultores às situações de seca dependem da sua capacidade de diversificar a produção. Rodrigo *et al.* constataam que o grupo social dos agricultores e grupos etários mais velhos desenvolveram uma “cultura de seca”, adaptando-se melhor a situações de escassez de água e recorrendo mais a medidas de poupança de água, em detrimento dos grupos mais jovens e da população urbana. Referem ainda que existe, por parte das populações e das entidades com intervenção no planeamento, a crença de que as situações de escassez de água podem ser resolvidas pela via tecnológica de construção de infra-estruturas de armazenamento e regularização de caudais.

Em Correia (2004), aborda-se a temática da desertificação em Portugal, numa visão integrada do ordenamento do território, analisando a percepção do processo de desertificação por parte das populações das zonas susceptíveis. Faz-se a distinção entre desertificação biofísica e desertificação humana. A primeira, associada a regiões áridas, semi-áridas e sub-húmidas secas, é identificada com um processo de “degradação acentuada do potencial produtivo dos solos ou escassez hídrica, resultante de acções continuadas do homem”. A segunda é essencialmente identificada com “o abandono físico de uma dada região por parte das populações” e é motivada pelo fraco desenvolvimento económico e falta de oportunidades para a fixação das populações. O primeiro processo, de desertificação biofísica, insere-se no quadro dos regimes xéricos anteriormente referidos, embora a escassez de água aí esteja obrigatoriamente associada ao conceito de desertificação. Neste estudo, as populações associam o fenómeno da desertificação, em primeiro lugar, aos constrangimentos sócio-económicos, nomeadamente o despovoamento, a depressão económica e o desemprego e, só depois, às secas, à desflorestação e à degradação do solo.

Também em Roxo e Casimiro (2004) os resultados de um inquérito mostram que o fenómeno da desertificação é essencialmente associado ao despovoamento, ao desemprego e à desflorestação. Estes autores consideram que existe uma percepção pública incorrecta sobre o fenómeno, principalmente condicionada pelos *media*. No entanto, uma abordagem mais abrangente da desertificação deverá tomar em consideração as condições sócio-económicas das populações das áreas sensíveis; assim, os indicadores físicos deverão ser combinados com outros indicadores de natureza social e económica (Pereira *et al.*, 2003, 2004).

A mitigação das secas passa em primeiro lugar pela criação de resiliência à escassez de água nos sistemas agrícolas de sequeiro. Pode ser desenvolvida através de um conjunto de

medidas e políticas, antes da ocorrência da seca ou na sua fase inicial, de forma a reduzir os riscos para a população, a propriedade e a capacidade produtiva (Vermes, 1998). Os riscos dependem da frequência e severidade da seca e da vulnerabilidade da zona em que se desencadeia. O termo vulnerabilidade expressa a susceptibilidade dos organismos vivos, dos ecossistemas e das actividades humanas aos efeitos da seca. A vulnerabilidade depende das características sociais e ambientais da região e é avaliada pela capacidade de antevisão, de resposta e de recuperação aos efeitos da seca. Quanto mais vulnerável for uma região, uma sociedade ou um ecossistema, maiores são os impactos sociais e ambientais provocados pela seca. A resiliência de um ecossistema é definida como a capacidade intrínseca que a natureza dispõe para absorver choques provocados por eventos extremos, muitas vezes de natureza aleatória e por isso dificilmente previsíveis (*e.g.* secas e cheias), mantendo a sua estrutura e auto-reorganizando-se. A resiliência, quando encarada também na sua componente social, incorpora a capacidade adicional de a sociedade antecipar os possíveis choques e planear para o futuro. Neste contexto, a resiliência é encarada como uma propriedade dos sistemas naturais e antrópicos.

Rockström (2002), ao analisar a resiliência social e ecológica e as estratégias de gestão da água e de prevenção e mitigação dos efeitos das secas, faz a distinção entre situações que podem ser geridas e outras que, não tendo solução, têm que ser socorridas através de medidas de emergência, amortecedoras dos choques sociais e ecológicos provocados pela escassez de água, temporária ou permanente (Quadro 2.5). Aqui distinguem-se claramente as duas possíveis formas de lidar com a seca: uma abordagem que contempla a gestão do risco (medidas estratégicas ou proactivas), em oposição a outra, de gestão da crise (medidas de emergência ou reactivas).

Dentro das medidas estratégicas poderá referir-se a investigação e divulgação do conhecimento adquirido no domínio da previsão/predição das secas. Embora a previsão ainda esteja numa fase incipiente e em muitos regimes climáticos, nomeadamente nas zonas temperadas, não sejam esperados desenvolvimentos neste domínio (NDMC, 2004), a avaliação das probabilidades de ocorrência de secas com determinada severidade, da duração provável dos eventos secos, dos períodos de retorno das secas, por um lado, conjugada com a monitorização em tempo real do estado dos recursos hídricos, poderão contribuir para a adopção de medidas de prevenção e de redução dos efeitos adversos da seca. A abordagem estocástica, nomeadamente a modelação das transições entre classes de severidade de seca por cadeias de Markov e por modelos log-lineares (Paulo, *et al.*, 2004; Paulo e Pereira, 2004b) também poderão ser um contributo neste domínio.

Quadro 2.5 Estratégias de construção da resiliência. Distinção entre medidas estratégicas e medidas de emergência (adaptado de Rockström, 2002)

Construção da Resiliência	Medidas estratégicas	Medidas de emergência
Resiliência social	Desenvolvimento institucional	Assistência alimentar
	Reforma dos sistemas agrários	Bancos de cereais
	Posse da terra	Redes sociais de apoio
	Diversificação das culturas	Importação de água virtual ²
	<i>Marketing</i>	
	Acesso à informação	
	Qualificação da população em termos de conhecimento	
Resiliência ecológica	Participação pública	
	Biodiversidade	Protecção: parques naturais e reservas
	Diversificação	<i>Habitats</i> protegidos
	Gestão dos recursos hídricos	
	Gestão da fertilidade do solo	
	Conservação do solo e da água	

No que se refere à agricultura, a adopção de medidas para conviver com a seca combina os aspectos agrícolas (melhoramento genético das plantas, modificação das técnicas culturais, novas formas de gestão do solo, escolha adequada das culturas) com técnicas adequadas de gestão da rega e práticas de rega na parcela ajustadas a condições de disponibilidades de água limitadas (Pereira, 1989a, 1989b). Em Pereira *et al.* (2002b). Pereira (2000, 2004a), El Amami *et al.* (2001) abordam-se múltiplos aspectos relacionados com a gestão da água em agricultura de regadio, em situações de escassez. Para além de analisar a gestão da oferta de água e a utilização de águas não convencionais para rega, nomeadamente águas residuais, águas salinas e de má qualidade, também se analisa a gestão da procura de água. Assim, avaliam-se possíveis melhorias nos métodos de rega, principalmente na uniformidade de distribuição de água, várias estratégias de rega de suplemento e de rega deficitária (Pereira *et al.* 2002b; Zairi *et al.*, 2003).

² A água usada no processo de produção de um produto agrícola ou industrial designa-se por água virtual contida no produto

2.6.1 Instituições e organizações relevantes para o planeamento e gestão dos recursos hídricos em Portugal

Uma resposta oportuna e efectiva em situações de seca depende essencialmente da capacidade de percepção inicial do estabelecimento de uma seca e da monitorização continuada do clima e dos recursos hídricos. As secas que mais recentemente têm afectado a região mediterrânica e o nosso País, em particular, revelam a necessidade premente de implementação de um Sistema de Observação de Secas a funcionar em permanência, disponibilizando informação adequada que permita declarar situações de seca e evitar severas restrições ao uso da água através da sua gestão adequada em condições de seca. Esta necessidade, já reconhecida há algum tempo, torna-se mais visível em situações de crise. No entanto, várias limitações, comuns a outros países da bacia do Mediterrâneo, têm impedido o desenvolvimento do Sistema, e que são: a) a densidade insuficiente das redes de monitorização de variáveis climáticas, hidrológicas e ambientais; b) a existência de várias agências e instituições monitorizando as variáveis referidas, por vezes com diferentes objectivos, e a falta de coordenação efectiva entre elas; c) a inexistência de metodologias comuns e universais para o cálculo de índices de seca que resulta das diferentes definições de seca e da forma como afectam os vários sectores de actividade e d) a necessidade de aquisição de dados em tempo real e de adopção de procedimentos padronizados para o seu tratamento bem como para a difusão da informação (Rossi, 2003).

As instituições intervenientes na monitorização das variáveis meteorológicas e hidrológicas e no planeamento e gestão dos recursos hídricos, desempenham um papel cada vez mais importante na promoção de uma gestão eficiente e sustentável da água, nomeadamente em situações de crescente escassez. Em Portugal as instituições mais relevantes neste domínio são o Instituto da Água (INAG) e o Instituto de Meteorologia (IM).

O Instituto de Meteorologia, não estando directamente ligado aos recursos hídricos, é a autoridade nacional no domínio da meteorologia, climatologia e geofísica, tendo como principais atribuições a observação de dados meteorológicos e a previsão do estado do tempo e estudos de climatologia.

O INAG tem elaborado estudos no domínio dos recursos hídricos e da utilização da água, apresentando a seguinte repartição do consumo total nacional de água pelos diferentes sectores (INAG, 2001): 74% para o sector agrícola, 19% para a indústria e 7% para o abastecimento às populações. Constata-se que a agricultura é o sector de actividade responsável pelo maior consumo de água. Todos estes sectores estão envolvidos nos

processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos, quer através dos órgãos da administração pública, quer através de organizações de utilizadores e de organizações não governamentais do ambiente. Quanto às origens da água consumida, à escala nacional, pelos diversos sectores, verifica-se que as origens superficial e subterrânea representam, respectivamente, 60% e 40% no consumo urbano, 54% e 46% na indústria e 36% e 64% na agricultura (INAG, 2001). No sector agrícola, a importância relativa das origens da água varia consideravelmente de região para região. No Sul do País, as águas superficiais têm um peso muito maior nos usos agrícolas. Assim, nas bacias do Sado, do Mira e do Guadiana representam 66%, 85% e 58%, respectivamente, da água total consumida pelo sector, facto que traduz uma maior vulnerabilidade imediata a situações de escassez.

O INAG foi criado em 1993 pelo Decreto-Lei nº 187/93, de 24 de Maio, integrado no Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, sendo-lhe atribuída a responsabilidade do desenvolvimento e aplicação das políticas nacionais no domínio dos recursos hídricos e do saneamento básico.

O actual processo de planeamento dos recursos hídricos inicia-se em 1994 com a publicação de legislação (Decreto Lei nº 45/94, de 22 de Fevereiro) que determina a elaboração e aprovação dos Planos de Bacia Hidrográfica, dividindo para tal o território continental e as regiões costeiras adjacentes em 15 regiões que coincidem com as principais bacias hidrográficas, e do Plano Nacional da Água. O Plano Nacional da Água, publicado em 2001, e os planos de bacia dos rios internacionais Minho, Douro, Tejo e Guadiana são da competência do Instituto da Água e os restantes planos de bacia da competência das Direcções Regionais do Ambiente e Ordenamento do Território (DRAOT).

Enquanto o Plano Nacional da Água define orientações de âmbito nacional para a gestão integrada dos recursos hídricos, os Planos de Bacia circunscrevem-se ao âmbito territorial de uma bacia hidrográfica ou de um conjunto de pequenas bacias hidrográficas. Este conjunto de planos subordina-se aos seguintes instrumentos legais: Constituição da República (1976), Lei de Bases do Ambiente (1987), Plano Nacional de Política do Ambiente (1995), Plano Nacional de Desenvolvimento Económico e Social (2000–2006), Tratado da União Europeia (1993), Directiva Quadro da Água (2000) e Convenção sobre Cooperação para o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas (1998).

O Conselho Nacional da Água, com funções consultivas, aprecia planos e projectos relevantes para os meios hídricos, contribui para o estabelecimento de opções estratégicas da gestão sustentável dos recursos, sendo tutelado pelo Ministro do Ambiente e

Ordenamento do Território. Os Conselhos de Bacia são órgãos consultivos de planeamento, e são presididos pelo Presidente do INAG. Estes Conselhos dão parecer sobre as políticas integradas da água, considerando os diferentes interesses sectoriais, representados pelas respectivas organizações de utilizadores, governamentais e não-governamentais.

O Ministério da Agricultura, através do Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica (IDRHa), e das cinco Direcções Regionais de Agricultura desempenha um papel importante no planeamento e gestão da água no sector agrícola. Nos regadios colectivos estatais a gestão da água está a cargo das Associações de Regantes, compostas por representantes dos agricultores e por um membro do IDRHa, em representação do Estado.

O Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho, nomeadamente as Direcções Gerais da Indústria e do Turismo, também têm competências atribuídas no domínio dos recursos hídricos.

As autarquias locais dispõem de importantes atribuições no âmbito do abastecimento de água e saneamento básico. Detêm poderes para o planeamento, a gestão de equipamentos e a realização de investimentos nos domínios dos sistemas municipais de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas.

Da avaliação global do sistema institucional com competências no planeamento e gestão da água (Eurowater, 2000) apontam-se como méritos decorrentes da aplicação da legislação existente: a) a elaboração do Plano Nacional da Água e dos 15 Planos de Bacia Hidrográfica, que alargaram o conhecimento relativo aos recursos hídricos e servirão de base para a gestão da água; b) a definição do domínio público hídrico e a clarificação da outorga de títulos de utilização; c) a implementação dos princípios do utilizador-pagador e do poluidor-pagador e a disponibilização de fundos para investimentos; d) a promoção da operação, por concessionárias contratadas pelos municípios, dos sistemas multimunicipais para abastecimento de água e saneamento de águas residuais e e) a promoção da intervenção gradual do sector privado nos serviços de água. No Plano Nacional da Água, as principais falhas apontadas, no que se refere ao quadro legal, organização institucional e participação da sociedade na gestão da água são: a) a inexistência de uma autoridade da água; b) a inexistência de gestão por bacia hidrográfica; c) a inexistência de gestão integrada dos empreendimentos de fins múltiplos; d) a incipiente participação da sociedade civil; e) a limitação das acções de policiamento e fiscalização e (f) a insuficiência de meios humanos. O relatório do projecto Eurowater, para além das falhas referidas no Plano Nacional da Água, refere ainda dificuldades na implementação dos planos de bacia pelas

DRAOT, por falta de legislação adequada, e a inexistência de legislação reguladora da intervenção do sector privado na indústria da água.

A eficiência das instituições ligadas ao planeamento e à gestão dos recursos hídricos em diversos países, foi analisado (Saleth e Dinar, 2003) utilizando 16 variáveis institucionais, legais, políticas, organizativas e de desempenho, na construção de um índice de saúde das instituições, WIHI, expresso numa escala de 0 a 10. Os resultados referentes aos países da União Europeia estudados (Figura 2.18) mostram que Portugal apresenta uma organização institucional débil, debilidade essa já diagnosticada no Plano Nacional da Água (INAG, 2001).

Ainda a este propósito, Correia (2000) refere que a abordagem ao planeamento dos recursos hídricos em Portugal se tem centrado num grande peso atribuído às infra-estruturas, que as questões económicas e ambientais têm vindo a ganhar importância crescente e que só recentemente é reconhecida a importância da dimensão institucional da gestão da água e da relação entre planeamento e gestão dos recursos hídricos e ordenamento do território.

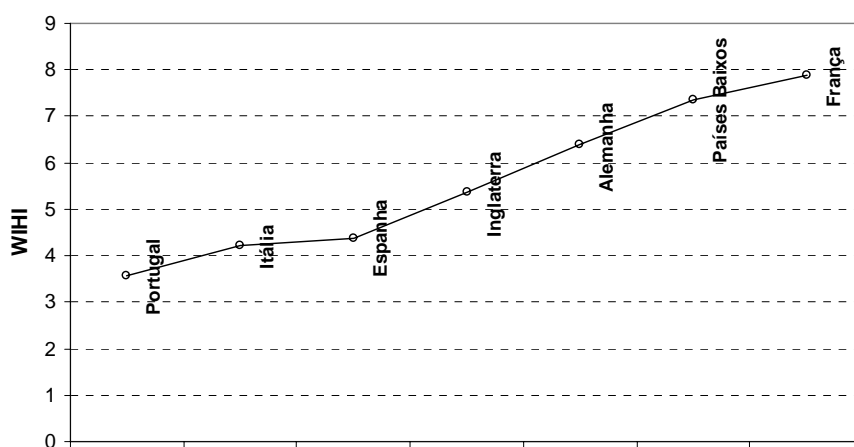


Figura 2.18 Índice de Saúde das Instituições da Água (WIHI) em países da União Europeia (Saleth e Dinar, 2003)

A Directiva Quadro da Água (Directiva 2000/60/CE de 23 de Outubro) que entrou em vigor em Dezembro de 2000, visa o planeamento e a gestão integrada dos recursos hídricos. Tem como princípios orientadores a protecção dos recursos hídricos nas suas variadas formas (superficiais, subterrâneos e costeiros), fixando o ano de 2015 como meta para o restabelecimento da boa qualidade da água, a cooperação transfronteiriça entre países, a

participação activa dos interessados, ONGs e comunidades locais, na gestão dos recursos hídricos, a adopção de políticas para o estabelecimento do preço da água e para a aplicação do princípio do poluidor-pagador.

2.6.2 Instrumentos e medidas relevantes para as secas em Portugal: preparação e mitigação

Os principais instrumentos e medidas políticas e técnicas de preparação e mitigação das secas, em vigor em Portugal, incluem a monitorização dos recursos hídricos, a cargo do INAG, a observação de variáveis meteorológicas determinantes para a monitorização das secas (precipitação, temperaturas máximas e mínimas, humidade atmosférica, radiação, velocidade do vento) a cargo do IM e o sistema de seguros actualmente em vigor designado por Sistema Integrado de Protecção contra as Aleatoriedades Climáticas (SIPAC), sob a forma de subsídios ou linhas de crédito, a fixação do preço da água e a criação e manutenção de infra-estruturas de abastecimento doméstico e agrícola.

A monitorização dos recursos hídricos, com vista à preparação e prevenção das secas, é desenvolvida, entre outros, pelo INAG. O INAG acompanha mensalmente a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, comparando os valores observados de precipitação, escoamento, volume disponível nas albufeiras, níveis piezométricos e qualidade da água com os valores registados em anos e meses anteriores e com valores médios ou outros valores de referência (Santos, 1998).

Neste contexto, foi desenvolvido pelo INAG um sistema de monitorização e alerta de secas, que para além das variáveis referidas, utiliza um modelo de distribuição de secas regionais (Santos, 1996; Santos e Henriques, 1998) baseado na precipitação acumulada e tomando como base o ano hidrológico (Figura 2.19).

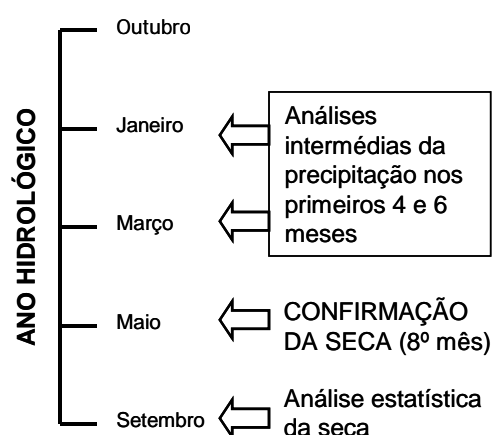


Figura 2.19 Monitorização das secas meteorológicas (Santos, 1998)

O sistema preconiza a análise da precipitação no fim do quarto e do sexto mês do ano hidrológico e a confirmação da seca apenas no oitavo mês. Assim, o modelo considera a precipitação acumulada nos períodos de Outubro a Janeiro, de Outubro a Março, de Outubro a Maio e de Outubro a Setembro permitindo a confirmação da seca antes do início do Verão. Deste modo é possível tomar medidas de gestão parcimoniosa dos recursos hídricos, a partir do mês de Maio. Em Maio já não se prevê um aumento das disponibilidades hídricas superficiais, pelo que a procura terá que ser satisfeita total ou parcialmente com os volumes armazenados até então. Esta análise não inclui qualquer tipo de previsão e permite apenas o ajustamento das utilizações às disponibilidades e a introdução de restrições ao consumo. Este tipo de abordagem não contempla a análise continuada da precipitação, que deverá ser feita mensalmente tomando em consideração os valores acumulados de pelo menos 12 meses anteriores. Por este motivo não permite avaliar correctamente o desenvolvimento de possíveis situações de seca nem a adopção de medidas de mitigação em tempo útil, nomeadamente no caso da agricultura.

Um sistema de vigilância de secas (Santos e Henriques, 1998) deverá, em situação normal, desenvolver métodos de previsão e vigilância das secas, monitorizar os recursos hídricos e propor a alteração das estratégias usuais de gestão da água. Essa monitorização deverá ser intensificada durante a seca. Idealmente o sistema deverá contemplar a avaliação dos impactos da seca e a implementação de medidas mitigadoras.

A variabilidade do clima e as suas consequências sobre a produção agrícola têm provocado frequentes intervenções públicas, com o objectivo de minorar as quebras de rendimento dos agricultores provocadas por fenómenos climáticos extremos. Num estudo sobre a variação da produtividade agrícola para determinados produtos e países da Europa (Meuwissen *et al.*, 1999, citado por DEASR, 2002) o coeficiente de variação oscila entre 5% e 30%, sendo Portugal indicado, para a cultura do trigo na região do Alentejo, como o país que apresenta maior variabilidade.

Em Portugal, os apoios concedidos pelo Estado para compensar prejuízos resultantes de “sinistros climatéricos” tomaram, até 1979, a forma de subsídios a fundo perdido, bonificação de juros e moratória de créditos. Em 1979 foi instituído um seguro agrícola que funcionou de modo ineficiente para os agricultores, continuando a não dispensar as intervenções sistemáticas do Estado (DEASR, 2002). Em 1996 foi criado o Sistema Integrado de Protecção Contra as Aleatoriedades Climáticas, SIPAC, integrando três componentes: seguro de colheitas, fundo de calamidades e compensação de sinistralidade, cuja responsabilidade de execução foi atribuída ao então Instituto de

Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas (IFADAP) pelo Decreto-Lei nº 20/96 de 19 de Março. O fundo de calamidades tem por objectivo compensar o agricultor por danos provocados na produção, em consequência de acidentes meteorológicos não cobertos pelo seguro de colheitas, sendo a seca abrangida por este. O accionamento deste mecanismo de apoio depende de uma declaração pública de calamidade agrícola, através de Portaria conjunta dos Ministros das Finanças e da Agricultura, com definição da área, das culturas afectadas e dos apoios a conceder. A calamidade agrícola de origem climatérica é declarada para a ocorrência de fenómenos exclusivamente climáticos, de carácter excepcional, que provoquem uma quebra de produção generalizada das culturas, fixada em termos percentuais, da qual resulte uma perda acentuada de rendimento dos agricultores. Na determinação da quebra de produção consideram-se as produtividades da região, calculadas com base na média obtida durante os últimos seis anos, com exclusão do ano de menor produtividade (Portaria 907/2004). Para beneficiar dos apoios do Fundo de Calamidades, os agricultores terão obrigatoriamente de ter efectuado o seguro de colheitas e realizado o pagamento de uma contribuição para o fundo de calamidades. Desde a criação do SIPAC, em 1996, foi activado uma única vez o fundo de calamidades para a seca, em 1997. A declaração de calamidade para as regiões e culturas afectadas pela seca verificada nos meses de Fevereiro e Março desse ano foi efectuada pela Portaria nº 1029/97, de 29 de Setembro, contemplando os cereais de sequeiro em 5 regiões (Trás-os-Montes, Beira Interior, Ribatejo e Oeste, Alentejo e Algarve) onde se verificaram quebras de produção superiores a 20% do valor médio. Apesar de não estar explícito na legislação reguladora do SIPAC, as compensações atribuídas, quando é declarada a seca, apenas contemplam culturas de sequeiro. O mesmo se verifica em Espanha, onde o sistema de seguros agrícolas foi alargado, no ano 2000, para cobrir os prejuízos da seca em culturas não regadas (Burgaz, 2000).

Constata-se que a activação de medidas de apoio à agricultura em caso de seca, de que são exemplo na última década o Programa Operacional Seca 1992/1993, a Seca/Geada 1995 e o SIPAC 1997, é essencialmente de cariz político pois a decisão de atribuição de compensações, para as regiões e culturas afectadas, não assenta em critérios objectivos, sendo desencadeada com base em valores percentuais variáveis de quebras de produção. Torna-se evidente a necessidade de estabelecer um conjunto de indicadores, que de uma forma consistente e o mais objectiva possível, permita desencadear e quantificar estas medidas de apoio.

2.7 Impactos e medidas de conservação e poupança

Os impactos das secas têm várias vertentes: económica, social e ambiental. Nos países desenvolvidos, traduzem-se em perdas de rendimento dos agricultores, em prejuízos resultantes de restrições à produção de energia hidroelétrica, na impossibilidade de assegurar o abastecimento doméstico, na degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, na perturbação natural introduzida nos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, acentuada pela acção do homem devido à sobreexploração excessiva de água durante a seca, na intrusão salina nos aquíferos em regiões costeiras, na maior frequência de incêndios florestais, na excessiva concentração de sais no solo. Em regiões mais vulneráveis, as secas têm efeitos sociais dramáticos: a fome, a doença provocada por problemas sanitários e de falta de acesso à água, as migrações em massa das populações.

Os impactos das secas têm-se feito sentir, com maior ou menor intensidade, em toda a Europa. As estatísticas globais de desastres naturais (CRED, 2004) registam, entre 1975 e 2004, 6 secas na Península Ibérica, 4 das quais em Espanha, nos anos de 1980, 1981, 1995 e 1999, e 2 em Portugal, em 1983 e em 1997. Durante este período, as perdas económicas, na Península Ibérica, representam 79% das perdas totais provocadas pela seca na Europa.

As secas prolongadas mais recentes ocorreram no período de 1990–1995, em toda a Península Ibérica. Os abastecimentos de água a Sevilha foram interrompidos até 12 horas por dia, em 1992–93; os custos associados a interrupções de fornecimento no período de 1992–1995 foram avaliados em cerca de 24000 milhares de Euros (Garrido, 2004). Durante este período, a escassez de água impôs restrições ao abastecimento, afectando 20% da população urbana no Sul de Espanha (Barceló, 1995). A produção de energia hidroelétrica naquela região foi suspensa durante a seca de 1994–95. Em 1997, registou-se, em Portugal, uma quebra de produção de 50 a 70% nos cereais de Outono-Inverno, devido à ausência de precipitação nos meses de Fevereiro e Março (CRED, 2004). Ainda mais recentemente, no Verão de 2003, registaram-se, em quase todo o continente europeu, temperaturas invulgarmente elevadas, que causaram cerca de 35000 mortes. O impacto financeiro global da seca e dos incêndios florestais, ocorridos em 2003, nos países da União Europeia, foi estimado em 13 biliões de euros (COPA–COGECA, 2003). No que se refere à produção de trigo, Portugal foi o país mais afectado, com 37% de quebras na produção, seguido pela França. Os países mais afectados pelos fogos florestais, Portugal e

Espanha, contabilizavam, em Setembro de 2003, 390200 e 127500 ha ardidos, respectivamente.

Os conceitos de conservação e poupança de água, bem como as medidas e práticas para lidar com a seca e a escassez de água, são explicitados e analisados exhaustivamente por Pereira *et al.* (2002a). A conservação da água é entendida por estes autores como a preservação dos recursos hídricos no que se refere à qualidade e quantidade; além da preservação, a conservação inclui a recuperação dos níveis de qualidade da água degradada pela acção humana. A poupança de água tem por objectivo limitar ou controlar a procura e a utilização da água, incluindo o desperdício de água ou a sua má utilização (Pereira *et al.*, 2002a). No Quadro 2.6 referem-se as principais medidas de conservação e poupança de água propostas em situação de seca. As medidas de conservação podem ser preparatórias (proactivas) ou de mitigação (reactivas), enquanto que as medidas de poupança de água são medidas de mitigação.

Em Portugal, o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (LNEC/ISA, 2001), estudo encomendado pelo Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, numa análise intersectorial da utilização da água, considerando apenas os usos consumptivos, chegou à conclusão que as ineficiências na utilização representam 41% do valor económico global estimado para a procura de água. Neste plano são apontadas as medidas gerais aplicáveis, por sector de utilização (urbano, agrícola e industrial) com vista a um aumento da eficiência, sendo depois particularizado um conjunto de medidas a aplicar em situações de escassez.

Este conjunto de medidas é particularmente detalhado quando se referem os usos urbanos, incluindo redução de pressão no sistema público de abastecimento, utilização de sistemas tarifários adequados, medidas de adequação de utilização de equipamentos domésticos (torneiras, chuveiros, autoclismos, máquinas de lavar), medidas de adequação de procedimentos na lavagem de pavimentos, proibição de utilização de água do sistema de abastecimento público na lavagem de veículos, na rega de jardins e em campos desportivos. No sector industrial, as medidas a aplicar consistem em medidas de adequação de utilização da água nas unidades industriais, adequação de procedimentos na gestão de resíduos, utilização de equipamentos para limpeza a seco e medidas idênticas aos usos urbanos. Quanto aos usos agrícolas indicam-se três medidas: a utilização de sistema tarifário adequado, a redução de volumes de rega e a redução da área regada.

Quadro 2.6 Medidas de conservação (P–proactivas e R–reactivas) e medidas de poupança de água em caso de seca (adaptado de Pereira *et al.*, 2002a)

Medidas de conservação		Medidas de poupança	
Desenvolvimento de redes de informação meteorológica e hidrológica integradas em sistemas de observação e monitorização das secas	P	Exploração dos sistemas de observação e monitorização das secas para tomada de decisões de poupança de água	R
Reservatórios para armazenamento e regularização anual e interanual para melhorar as disponibilidades em água	P	Controle das perdas por evaporação nos reservatórios	R
Controle da extracção, recarga e contaminação das águas subterrâneas	P	Controle das perdas nas estruturas de distribuição (canais, condutas)	R
Melhoria da operação, manutenção e gestão dos sistemas de fornecimento de água	P	Introdução de regras de operação específicas para os reservatórios e reservas subterrâneas	R
Estabelecimento de políticas de alocação da água que contemplem situações de escassez	P	Adopção de culturas tolerantes à seca	R
Planeamento do aumento dos recursos hídricos através de reutilização de águas residuais ou exploração de águas de origem não convencional	P	Redução das áreas regadas e/ou adopção de rega deficitária	R
Adopção de tecnologias e práticas de conservação pelos utilizadores finais da água	P	Utilização de águas de menor qualidade para a rega	R
Desenvolvimento institucional e participação dos utilizadores na gestão da água	P	Utilização de instrumentos económicos específicos como a tarificação da água por volume	R
Utilização de instrumentos económicos, entre os quais se incluem o preço da água, a criação de incentivos e penalizações para evitar o desperdício e a degradação da qualidade da água	P	Aplicação de incentivos e penalizações para evitar o desperdício e a degradação da qualidade da água	R
Sensibilização da opinião pública em relação ao valor económico, social e ambiental da água	P	Campanhas para adopção de práticas de poupança de água destinadas aos utilizadores finais	R
Exploração do sistema de observação e monitorização das secas	R		
Alteração das regras de gestão das águas superficiais e subterrâneas	R		
Realocação da água entre sectores e adopção de políticas de distribuição dependentes do grau de severidade da seca	R		
Criação de infra-estruturas de armazenamento na exploração agrícola e adopção de práticas de conservação da água	P		

Os efeitos da seca traduzem-se, em primeiro lugar, por quebras de produção no sector agrícola. A agricultura de sequeiro apresenta maior vulnerabilidade, pois é praticada

esperando que a precipitação satisfaça, se não a totalidade, pelo menos grande parte das necessidades hídricas das culturas.

Uma medida que pode ser adoptada para mitigar os efeitos da seca e contribuir para estabilizar a produção, em cereais tradicionalmente cultivados em condições de sequeiro, é a rega de suplemento. O ICARDA (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*) concluiu, para o norte da Síria, que a satisfação de 50% das necessidades de rega de suplemento provocava apenas 15% de perdas na produção de trigo, em condições climáticas médias. A utilização da água poupada com esta estratégia, aplicada a este cereal, que noutras condições seria cultivado exclusivamente em condições de sequeiro, proporciona aumentos de produção que podem atingir os 38% (Oweis, 2001). As medidas de preparação para a seca, ao nível da exploração agrícola, incluem a selecção das culturas por forma a repartir os riscos de seca, a diversificação das produções, uma melhoria das práticas de cultivo e da eficiência de utilização da água. Em regadio, particularmente quando a água de rega é de origem superficial, se as reservas disponíveis em Março/Abril estão claramente abaixo do que é normal, é ainda possível adoptar medidas para mitigar os impactos da seca. Essas medidas têm por objectivo diminuir a procura de água ou ajustar o fornecimento de acordo com as disponibilidades. A gestão da procura inclui a escolha de culturas menos exigentes em água, a diminuição da área regada, continuando a satisfazer as necessidades globais de rega das culturas, ou a prática de rega deficitária, a adopção de práticas de mobilização e nivelamento do solo que favoreçam a conservação da água (Pereira, 1989a, 1989b, 2003; Rodrigues *et al.*, 2001, 2003; Zairi *et al.*, 2003; Alba *et al.*, 2003; Shatanawi *et al.* 2003). Salienta-se que, no caso dos perímetros de rega estatais, o baixo nível de armazenamento das albufeiras antes do início da campanha de rega, que começa em Abril/Maio, determina as medidas de gestão da procura referidas, podendo também ser adoptadas pelas Associações de Regantes restrições no volume/preço da água distribuída aos regantes. Entre as principais medidas de mitigação adoptadas pelas Associações de Regantes e gestores dos perímetros de rega incluem-se a redução da área de arroz, a prioridade dada às culturas permanentes e o rateio da água.

No que respeita ao impacto ambiental, em época de seca, os parâmetros de qualidade da água deterioram-se, quase sempre como resultado das actividades humanas. É comum a sobreexploração das águas subterrâneas com consequente rebaixamento dos aquíferos e a degradação da qualidade da água. Em Portugal, a redução da poluição da água por nitratos de origem agrícola e a manutenção de volumes e qualidade mínimos de água, em

curtos de água, a jusante de barragens ou outros aproveitamentos, são medidas que se enquadram na conservação da água tal como é entendida por Pereira *et al.* (2002a).

A poluição da água por nitratos de origem agrícola tem sido objecto de legislação, quer comunitária quer nacional (Directiva 91/676/CEE, Decreto-Lei nº 235/97, de 3 de Setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 68/99 de 11 de Março, Portaria nº 1100/2004 de 3 de Setembro). Esta legislação contempla a identificação e delimitação das zonas vulneráveis (Figura 2.20), a elaboração de programas de acção que visam reduzir a poluição das águas e impedir a propagação da referida poluição (Fernando e Cameira, 2000), o estabelecimento de códigos de boas práticas agrícolas a aplicar voluntariamente pelos agricultores e obrigatoriamente, no âmbito dos programas de acção, a formação e informação dos agricultores, para promover a aplicação dos códigos de boas práticas agrícolas.

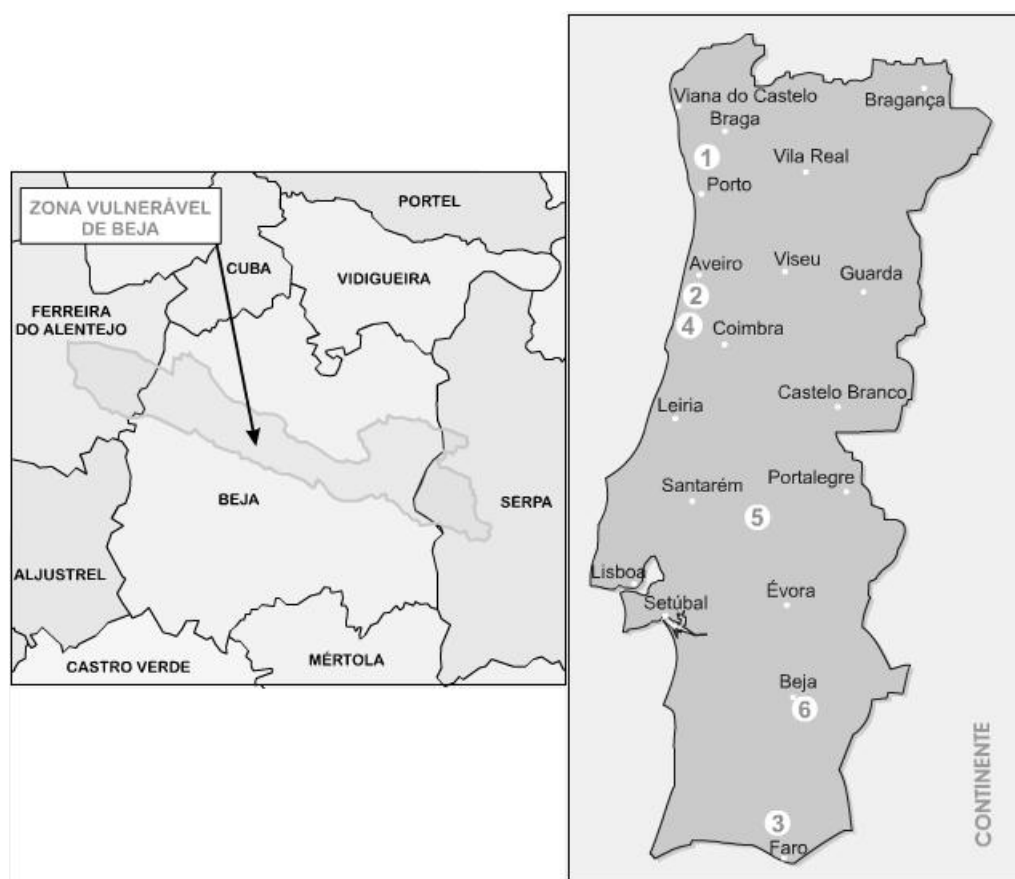


Figura 2.20 Poluição da água por nitratos de origem agrícola : identificação de zonas vulneráveis (INAG, 2004)

A definição e aplicação de um regime de caudais ecológicos, ou seja, de um regime de caudais mínimos a manter no curso de água para reduzir impactos sobre os ecossistemas aquáticos e ripícolas, a jusante dos aproveitamentos hidráulicos, toma particular

importância em situações de seca, quando a concorrência entre utilizações da água é maior. Neste âmbito, os estudos desenvolvidos para o estabelecimento de caudais ecológicos para os cursos de água (Alves e Bernardo, 2003) poderão contribuir para a conservação da água e ecossistemas associados. Os autores propõem a adopção de um regime de ano seco em Março, se a avaliação da precipitação ocorrida até então assim o indicar. Neste regime, que se prolonga pelo menos até ao mês de Maio, o caudal ecológico estabelecido para ano médio passará a ser afectado por um factor de redução, sendo a situação reavaliada em Maio, confirmando-se ou não a seca. Esta medida parece difícil de implementar não só devido à competição pela água em situações de escassez severa mas também à falta de monitorização adequada.

Capítulo 3. Índices de seca

Os índices de seca procuram identificar e caracterizar, quanto ao seu grau de severidade, situações temporárias mas prolongadas de escassez de água. Quando se pretendem comparar secas em regiões diferentes, ou numa mesma região, em períodos diferentes, torna-se necessário padronizar numericamente as características da seca. Essas medidas padronizadas são expressas através do(s) índice(s) de seca.

A Organização Meteorológica Mundial define um índice de seca como “*um índice que está relacionado com alguns dos efeitos cumulativos de uma deficiência anormal e prolongada de humidade*” (WMO, 1992). Esta definição, embora geralmente aceite, não é consensual. Por exemplo, a American Meteorological Society (1997) sugere que os processos básicos de oferta e procura de água, nas suas vertentes espacial e temporal, devem ser incluídos em qualquer definição de seca, e, conseqüentemente, na formulação de um índice de seca.

Desde o início do século XIX que existem registos fiáveis de precipitação. Por esse motivo, a grande maioria das definições iniciais de seca utilizam a precipitação como elemento de referência. Os índices resultantes destas definições, geralmente classificados como *índices meteorológicos ou climáticos*, recorrem a critérios de identificação das secas e quantificação da sua severidade considerando os períodos de tempo em que a altura da precipitação é inferior a um dado limiar.

A ocorrência de precipitação reduzida, durante um período de tempo considerável, é a causa determinante da seca. Precipitações reduzidas ocasionam baixos teores de humidade no solo e a persistência daquele fenómeno leva à redução do escoamento. A avaliação das causas da seca deve recorrer à análise da precipitação e, eventualmente, à análise quer do clima, quer de alterações ambientais. Os índices de seca deverão integrar o escoamento e a humidade do solo quando, para além das causas, também se pretendam analisar os efeitos da seca (Dracup *et al.*, 1980b).

A evolução registada na medição e análise de variáveis hidrológicas, agrícolas e sócio-económicas levou ao aparecimento de outras definições de seca e, conseqüentemente, de outros índices de seca. Entre estes, os índices que avaliam as deficiências no escoamento e no armazenamento superficial e sub-superficial são geralmente designados por *índices hidrológicos*. A maior parte destes índices baseia-se no escoamento, o qual pode ser decomposto, para o efeito, em escoamento de base e escoamento superficial, sendo cada componente analisada separadamente. O escoamento

de base constitui a fracção do escoamento com origem nas águas subterrâneas e sub-superficiais, sendo mais estável que o escoamento superficial pois é pouco influenciado por picos de precipitação. Por este motivo, o escoamento de base reflecte melhor do que o escoamento total as deficiências no abastecimento dos cursos de água em condições de seca.

Os *índices agrícolas* baseiam-se na precipitação, na evapotranspiração, no teor de água no solo e na susceptibilidade das plantas a situações de carência hídrica, pelo que deverão evidenciar as deficiências nas disponibilidades de água e a forma como estas se reflectem na produção agrícola (Maracchi, 2000), atendendo aos padrões climáticos da região. Admite-se que as culturas e as técnicas agrícolas adoptadas localmente decorrem da experiência e conhecimentos adquiridos pelas populações e estão regionalmente adaptadas.

Uma análise integrada da seca deveria pois considerar a precipitação, a evaporação, o escoamento, a humidade do solo, embora em muitas abordagens seja considerado apenas um dos aspectos do fenómeno (Dracup *et al.*, 1980b). A complexidade do fenómeno e a forma como a seca afecta múltiplos sectores de actividade dificilmente são traduzidas por um único índice de seca. Por esse motivo, têm sido propostos dezenas de índices de seca, alguns de aplicação quase universal e outros desenvolvidos especificamente para determinadas regiões e condições climáticas.

O valor de um qualquer índice de seca, num dado local e para um dado intervalo de tempo, expressa os desvios em relação às condições “normais” ou esperadas e é, em geral, classificado de acordo com uma escala previamente definida. Índices mais complexos integram dados de precipitação, escoamento, evaporação, numa única variável (Hayes, 2003).

Relativamente à função de potencial indicador dos índices de seca, Heim (2002) considera que qualquer índice de seca deve obedecer aos seguintes critérios: a) a escala temporal deve ser adequada ao problema em análise; b) o índice deve quantificar condições de seca persistentes e de longa duração; c) o índice deve ser aplicável ao problema em estudo; d) devem existir registos históricos, longos e fiáveis, das variáveis em que o índice se baseia, para que se possam obter séries longas do índice que permitam comparar as secas actuais com secas anteriores, num contexto histórico e estatístico e e) deverá ser possível calcular o índice em tempo real, para que possa ser utilizado como ferramenta operacional na vigilância e acompanhamento das secas. Acrescenta-se ainda um critério considerado

importante: f) o índice deverá ser padronizado por forma a permitir comparar secas em diferentes locais.

O capítulo 3 está organizado em duas secções: a secção 1 apresenta uma revisão dos índices de seca e a secção 2 apresenta detalhadamente os índices seleccionados para posterior aplicação.

Assim, na secção 1, faz-se uma revisão dos principais índices de seca, indicando, nomeadamente, em que variáveis se baseiam, as regiões onde são aplicados e as principais limitações e potencialidades. Apresenta-se seguidamente uma ferramenta de acompanhamento e avaliação da seca e dos seus principais efeitos, resultante da combinação da informação fornecida por vários índices, cuja visualização é traduzida num mapa. Faz-se também referência a critérios de avaliação dos índices de seca.

Na secção 2 apresentam-se de forma detalhada os índices seleccionados para o prosseguimento da análise das secas, nomeadamente a teoria dos chorrilhos, o *Standardised Precipitation Index* e o Índice de Severidade da Seca de Palmer.

Uma vez que esta tese tem por objecto de estudo a região do Alentejo, escolheu-se um local na região (Évora) para ilustrar a aplicação de alguns dos algoritmos de cálculo e mostrar os resultados decorrentes dessa aplicação.

3.1 Índices de seca

3.1.1 Índices de seca, aspectos gerais

Hayes (2003) apresenta uma compilação dos principais índices de seca utilizados nos EUA e na Austrália, indicando as suas limitações e potencialidades. Assim, refere os seguintes índices: Percentagem da Normal, Decis, *Standardized Precipitation Index* (SPI), Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI), *Crop Moisture Index* (CMI), *Surface Water Supply Index* (SWSI) e *Reclamation Drought Index* (RDI). Também Vermes (1998), a propósito da definição de estratégias de mitigação da seca, apresenta um glossário dos índices de seca mais conhecidos e utilizados até então. Este autor lista e descreve resumidamente aqueles que são considerados os principais índices de seca, PDSI, CMI, SWSI, SPI, RDI, PAI (Índice de aridez de Palfai – *Pálfai Aridity Index*) e AHP (Potencial Agro-Hídrico – *Agro-Hydro Potential*) advertindo que esta lista poderá ser actualizada a qualquer momento como resultado de trabalhos de investigação e desenvolvimento em curso em vários países.

Tate e Gustard (2000) definem, de um ponto de vista hidrológico, várias categorias de seca: climática, agro-meteorológica, fluvial, subterrânea e operacional. Apresentam várias formas de avaliação das secas que incluem, para além dos índices de seca, outro tipo de metodologias. Deste modo, na seca climática, Tate e Gustard referem o índice de Palmer e índices derivados deste, o SWSI, as anomalias na precipitação que expressam os desvios em relação a um valor arbitrário adoptado como padrão, os Decis e o PAI.

A seca agro-meteorológica resulta dos impactes sobre a agricultura das secas meteorológica e hidrológica. As variáveis de interesse neste tipo de seca são, preferencialmente, os défices de água no solo e as diferenças entre a evapotranspiração actual e a evapotranspiração potencial. Dos métodos referidos (Tate e Gustard, 2000) para avaliar esta categoria de seca destacam-se o índice de satisfação hídrica da FAO (*FAO Water Satisfaction Index*), o AHP, o índice de adequação de humidade (*Index of Moisture Adequacy*), o índice de humidade utilizável (*Moisture Availability Index*), o balanço hídrico de Thornthwaite. Todos estes métodos relacionam a evapotranspiração real (ET) com a evapotranspiração potencial (ETP), durante o ciclo cultural. Nalguns, a evapotranspiração real é obtida através do balanço hídrico do solo, noutros, de forma mais simplista, a evapotranspiração é igualada à ETP, quando, no período em análise, a precipitação excede a ETP, ou é igualada à precipitação, no caso contrário. Maracchi (2000), ao examinar os índices desenvolvidos no século XX para avaliar as secas agrícolas, classifica-os em dois grupos, de acordo com as informações necessárias para o seu cálculo: a) índices que requerem parâmetros meteorológicos ou agrometeorológicos e b) índices que requerem, além de informações climáticas, informação relativa a práticas agrícolas locais. Dentro do primeiro grupo identifica três tipos de índices, de acordo com as variáveis utilizadas na análise: i) índices de precipitação, que detectam desvios na precipitação, os quais são utilizados principalmente por gestores da água; ii) índices baseados na precipitação e temperatura, usados para a classificação climática a nível regional ou continental, adoptados essencialmente por geógrafos e iii) índices baseados na precipitação, na evapotranspiração potencial (ETP) e na humidade do solo, usados por agrónomos. Pereira (1990) assinala, a propósito do índice AHP, que este não deverá ser considerado um índice de seca, mas sim um índice que, avaliando a relação água-planta, traduz o défice hídrico da cultura. Estas mesmas considerações são extensíveis aos outros índices agro-meteorológicos (Pereira *et al.*, 2002a). Uma vez que não se devem, desde logo, identificar situações de défice hídrico de uma dada cultura como situações de seca, torna-se indispensável uma análise frequencista ou probabilística de séries longas destes índices. Esta análise permitirá relacionar os valores actuais do índice, referentes a um dado intervalo

de tempo, com a série histórica registada em intervalos de tempo análogos, sendo essencial para a identificação e quantificação da severidade de seca agrícola.

A seca fluvial, assim designada por Tate e Gustard (2000), refere-se a situações de redução significativa do escoamento. As metodologias referidas por estes autores para identificação desta categoria de secas incluem curvas de frequência de caudais, processos discretos de Markov, índices de deficiência de precipitação e de escoamento, assim como a teoria dos chorrilhos (*runs*).

A seca subterrânea é definida (Tate e Gustard, 2000) por uma recarga anual dos aquíferos inferior à média, com duração superior a um ano. Os níveis de água subterrânea são mais fáceis de medir que o armazenamento, sendo habitualmente usados como indicadores de seca subterrânea (Lanen e Peters, 2000).

A seca operacional resulta de conflitos entre a escassez de água e a gestão da procura da água. O grupo de indicadores de seca operacional apresentado por Tate e Gustard (2000) baseia-se nas relações entre o volume de água armazenado, a procura e o fornecimento.

Uma revisão dos índices de seca utilizados nos EUA no século XX é apresentada por Heim (2002). Este autor considera o trabalho desenvolvido por Palmer (1965) um marco na evolução dos índices de seca. Assim, Heim (2002), agrupa cronologicamente os índices de seca em: a) índices de seca iniciais, desenvolvidos antes de 1965; b) índice de Palmer e índices que decorrem do índice de Palmer (*Crop Moisture Index*, *Palmer Hydrological Drought Index*, Índice de Anomalia de Humidade (z), Índice de Palmer Ponderado) e c) índices Pós-Palmer. Adoptando a perspectiva cronológica de Heim, apresenta-se seguidamente uma breve descrição dos índices de seca correntemente utilizados.

O primeiro grupo de índices, baseados na precipitação ou no escoamento, usam como medida de seca os desvios da precipitação ou do escoamento em relação às condições estabelecidas como normais. Por exemplo, a Percentagem da Normal resulta do quociente entre a precipitação actual, verificada no intervalo de tempo em análise, e a precipitação “normal”, geralmente considerada a média de 30 anos de intervalos de tempo análogos. Este é um índice fácil de calcular, podendo reportar-se a qualquer escala de tempo (um mês, grupos de meses ou um ano). Como geralmente a precipitação não segue distribuição normal, a precipitação média não coincide com a precipitação mediana, ou seja, existe assimetria. Por esse motivo, os valores deste índice não são comparáveis, nem espacial nem temporalmente.

Outros índices, na fase Pré-Palmer, reportam-se a definições locais de seca, sendo por isso de aplicação limitada (*e.g.* Inglaterra – 15 dias consecutivos com precipitação inferior a

0,25 mm ou 1 mm; Bali – período de 6 dias sem chuva; Líbia – precipitação anual inferior a 180 mm; Rússia – períodos de 10 dias consecutivos com precipitação total inferior a 5 mm; Índia – semanas com precipitação não superior a metade do valor normal) (Heim, 2002).

A evapotranspiração potencial, conceito introduzido por Thornthwaite em 1931, designando “*as perdas de água que ocorrerão se não existir deficiência de água no solo para o uso da vegetação*” (Thornthwaite, 1944, citado em Linsley *et al.*, 1988), possibilitou o desenvolvimento de novos índices de seca. Thornthwaite desenvolveu uma fórmula expedita para o cálculo da evapotranspiração potencial, baseada na temperatura média diária, na latitude e no dia juliano, tornando possível a sua quantificação. Penman, em 1948, combinando a equação do balanço de energia de uma superfície vegetada com as equações dos fluxos de calor sensível e latente (Alves, 1995), propôs uma nova equação para o cálculo da evapotranspiração que utiliza a radiação solar, a temperatura do ar, a duração do dia, a humidade relativa e a velocidade do vento. Penman (1956) define a evapotranspiração potencial como “*a quantidade de água transpirada, por unidade de tempo, por uma cultura vegetal baixa, de altura uniforme, cobrindo completamente o solo, bem abastecida de água*”. O balanço hídrico do solo considera o solo um reservatório em que se verificam entradas e saídas de água. A variação do volume de água armazenada no reservatório solo é calculada combinando a precipitação, a evapotranspiração potencial e a capacidade de armazenamento do solo. O balanço hídrico do solo ganhou especial importância na identificação da seca agrícola e no cálculo das necessidades de rega.

O índice desenvolvido por Palmer (Palmer, 1965) para a identificação das secas meteorológicas incorpora a precipitação anterior, a oferta e a procura de humidade. Um dos termos da procura de humidade corresponde à evapotranspiração potencial calculada segundo Thornthwaite. O cálculo do índice de Palmer requer dados mensais de precipitação, de temperatura e da reserva utilizável do solo vulgarmente designada por capacidade utilizável. O índice baseia-se no balanço hídrico do solo e no cálculo dos desvios entre a precipitação actual e a estimativa da precipitação considerada ajustada às condições climáticas locais. Esses desvios são convertidos em índices de anomalia de humidade e posteriormente transformados no índice de Palmer, através de um algoritmo mais ou menos complexo, conforme apresentado na secção 3.2.3. O índice de Palmer é largamente usado nos EUA e é um dos índices em que se baseia o Atlas Nacional Electrónico da Seca (*National Electronic Drought Atlas*), fazendo ainda parte dos sistemas de monitorização da seca em vários estados. O índice não é fiável para regiões onde a variabilidade na precipitação e no escoamento é elevada (Smith *et al.*, 1993). A sua utilização fora dos EUA tem sido limitada, embora recentemente tenha vindo a ser aplicado

noutros países (Briffa *et al.*, 1994; Szinell *et al.*, 1998; Kim e Valdés, 2002; Cancelliere e Salas, 2004). O índice de Palmer foi concebido com o objectivo de fornecer uma medida padronizada das condições de humidade que permitisse comparações espaciais e temporais. Todavia, identifica situações de seca severa e extrema com uma frequência mais elevada numas regiões do que noutras; segundo Guttman (1998b), o índice de Palmer sobreavalia a frequência de secas severas e extremas.

O índice de anomalia de humidade z , o PHDI (*Palmer Hydrological Drought Index*) e o CMI (*Crop Moisture Index*) (Palmer, 1968) derivam de procedimentos utilizados no cálculo do índice de Palmer, vulgarmente designado por PDSI (*Palmer Drought Severity Index*) e são incluídos cronologicamente por Heim (2002) no grupo de índices de seca de Palmer. O índice de anomalia de humidade z e o PHDI são índices intermédios obtidos aquando do cálculo do PDSI; são referidos detalhadamente na secção 3.2.3. O CMI, calculado semanalmente, identifica as secas agrícolas potenciais. Este índice baseia-se na temperatura média e na precipitação da semana de interesse e também no valor do CMI calculado para a semana anterior. É utilizado para avaliar as condições de desenvolvimento das culturas, sendo geralmente igual a zero, quer no início, quer no fim do período vegetativo. Por esta razão, deverá apenas ser aplicado durante o ciclo de desenvolvimento das culturas. O CMI não permite identificar secas com uma duração superior àquele período. Foi concebido para quantificar as condições de humidade no curto prazo e, ao contrário do PDSI, não fornece indicações sobre a evolução das condições de humidade a longo prazo. Se, por exemplo, ocorrer precipitação durante um período de seca, existe reflexo imediato sobre o CMI, embora a situação de seca a longo prazo, indicada pelo PDSI, possa continuar a persistir. O índice de Palmer ponderado, WPDSI, resulta de valores de variáveis intermédias obtidas na aplicação do algoritmo de Palmer e é recomendado para a monitorização da seca em tempo real (Heddinghaus e Sabol, 1991).

Depois da introdução do índice de Palmer e dos seus derivados foram desenvolvidos vários índices, baseados no balanço hidrológico, que pretendiam colmatar algumas das deficiências apontadas ao índice de Palmer.

No domínio da hidrologia, Yevjevich (1967) aplicou a teoria dos *runs*, traduzida por teoria dos chorrilhos (Vaz, 1993; Santos, 1996), na identificação de eventos secos. Cada sequência temporal de valores da variável analisada, inferiores a um dado limiar crítico, constitui um chorrilho negativo e identifica um período seco. A teoria dos chorrilhos permite caracterizar um evento seco em termos de duração, severidade e magnitude (Dracup *et al.*, 1980a). Esta metodologia, inicialmente aplicada na análise dos escoamentos (*e.g.* Yevjevich, 1967; Sen, 1976; Dracup *et al.*, 1980a; Dracup *et al.*, 1980b), tem também sido

aplicada à precipitação (Rossi, 1979, 1989; Santos, 1981, 1983b; Vaz, 1993; Santos, 1996; Cancelliere e Rossi, 2003; Paulo *et al.*, 2003a). O défice hídrico total (*Total Water Deficit*) obtém-se somando as diferenças entre os valores críticos e a variável analisada, designadas por défices, durante um chorrilho negativo.

O método dos Decis (Gibbs e Maher, 1967) é simples e fácil de calcular. A precipitação mensal é ordenada e agrupada, correspondendo cada grupo a 10% das ocorrências. A precipitação é então classificada na seguinte escala: muito abaixo do normal (1º e 2º decis), abaixo do normal (3º e 4º decis), quase normal (5º e 6º decis), acima do normal (7º e 8º decis) e muito acima do normal (9º e 10º decis). Para que os decis obtidos sejam representativos são necessários períodos de registo longos (Hayes, 2003). É usado pelo *Australian Drought Watch System* como medida meteorológica da seca e é tido em consideração na decisão de apoio governamental aos agricultores em caso de seca.

O SWSI (*Surface Water Supply Index*) foi desenvolvido em 1982 com o objectivo de complementar o índice de Palmer em regiões montanhosas, onde a neve e o degelo constituem importantes fontes de abastecimento dos cursos de água. O SWSI, calculado para cada bacia hidrográfica, usa dados mensais de precipitação, de altura de neve e de água armazenada nos reservatórios. As observações de cada variável são somadas e padronizadas, através da análise de frequências aplicadas às respectivas séries históricas. A probabilidade de não excedência referente à soma actual de cada componente permite comparar componentes em termos de probabilidades. Cada componente é ponderada de acordo com a sua importância na bacia e a soma destes valores ponderados dá origem ao SWSI. Este índice é centrado em zero e varia entre -4,2 e 4,2. O SWSI e algumas modificações ao índice são usados, em conjunto com o índice de Palmer, para desencadear a activação e desactivação de Planos de Seca em algumas regiões dos EUA.

O SPI (*Standardized Precipitation Index*), desenvolvido por McKee *et al.* (1993), baseia-se na distribuição de probabilidades da precipitação, em várias escalas temporais (3, 6, 12, 24, 48 meses). O seu cálculo em diferentes escalas temporais permite avaliar os impactes diferenciados da seca sobre as várias formas de recursos hídricos, superficiais, subsuperficiais e subterrâneos. O SPI é normalizado no espaço e no tempo, e, por esse motivo, permite comparações entre meses e entre regiões. Este índice é relativamente recente e a sua utilização tem vindo a expandir-se quer dentro quer fora dos EUA, onde foi desenvolvido. Uma apresentação mais detalhada do índice é fornecida na secção 3.3.2.

Na Grã-Bretanha, Phillips e McGregor (1998) desenvolveram um índice, o *Drought Severity Index* (DSI), que se baseia nos défices acumulados de precipitação. No seu cálculo podem

ser usadas sequências de 3 e de 6 meses, obtendo-se assim o DSI_3 ou o DSI_6 . Com o DSI_3 considera-se que a seca tem início quando a precipitação num dado mês é inferior à média desse mês e a precipitação média registada nos últimos três meses é também inferior à média das precipitações médias dos meses correspondentes; uma seca termina apenas quando a precipitação média dos últimos três meses for excedida. O valor do índice, expresso em percentagem, resulta da divisão da soma dos défices pela precipitação média anual local. O valor final do índice expressa o défice acumulado como uma percentagem da precipitação média anual. O índice DSI_6 calcula-se de forma semelhante mas para um período de seis meses. A escolha do período de agregação do défice acumulado depende dos recursos hídricos dominantes na região: os 3 meses são mais apropriados para zonas onde dominem as águas superficiais e os 6 meses para áreas onde as reservas subterrâneas são mais importantes (Goldsmith *et al.*, 1997).

Neste grupo de índices estão ainda incluídos índices desenvolvidos especificamente para determinadas regiões/continentes do Mundo. Entre estes, destacam-se os índices *National Rainfall Index* (RI), *Dependable Rains* (DR) e *Drought Area Index* (DAI).

O *National Rainfall Index* é um índice desenvolvido por Gommers e Petrassi (1994) para comparar o comportamento da precipitação a uma escala nacional e continental, tendo sido aplicado em vários países da África sub-sahariana. Permite comparações entre anos e entre regiões e/ou países. O RI é calculado em cada região, tomando a precipitação anual média, ponderada pelas precipitações médias históricas disponíveis em todos os locais de medição da região de interesse. Locais com precipitação mais elevada têm um maior peso no cálculo do índice do que locais situados em áreas mais secas e com menor precipitação. De um modo geral, em África, onde predomina a agricultura de sequeiro, as regiões mais produtivas do ponto de vista agrícola coincidem com aquelas em que se registam valores mais elevados de precipitação. É também nestas zonas que a densidade da rede de medição é maior. Por estes motivos, o RI é um índice vocacionado para a agricultura e a sua aplicação tem mostrado que está bem correlacionado com as produções das culturas com maior peso na agricultura do país em causa (Figura 3.1). Uma das vantagens deste índice reside no facto de poder ser calculado a partir do momento em que começaram a existir registos de precipitação. Uma vez que o índice é calculado de acordo com os dados disponíveis e ponderado pelas estações usadas no seu cálculo, é possível obter séries temporais longas do índice, usando para cada período de tempo os dados referentes aos postos de medição existentes.

O índice *Dependable Rains*, estabelecido por Le Houérou *et al.* (1993), é definido como a altura de precipitação que ocorre com uma frequência de quatro em cada cinco anos. O

comportamento deste índice em relação à precipitação média anual varia de região para região, podendo tomar valores que vão desde os 40–50% da precipitação média anual no Sahara até valores de 80% em regiões onde a precipitação média anual se situa entre 700 e 800 mm. O índice constitui uma ferramenta de apoio para o planeamento da produção agrícola.

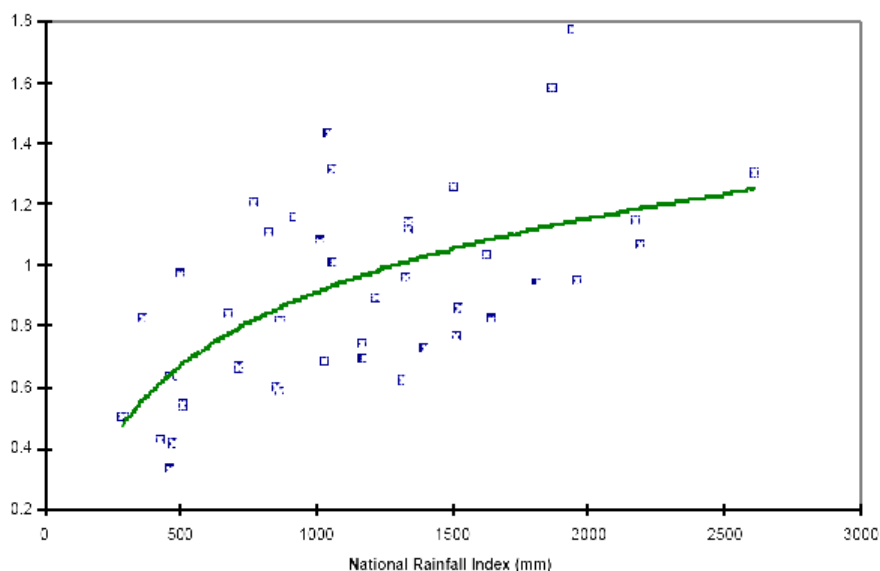


Figura 3.1 Produção média de cereais em África (1961–1994) como função do *National Rainfall Index* (Gommes e Fresco, 1998)

O *Drought Area Index* foi desenvolvido por Bhalme e Mooley (1980) para avaliar as condições de humidade durante a estação das monções, no continente indiano. É um índice recursivo, que depende do valor tomado pelo índice no mês anterior, da precipitação no mês corrente e da média e desvio padrão da série histórica de precipitações verificadas em meses análogos ao mês corrente. A utilização do índice noutras regiões requer calibração, pois a equação para o seu cálculo inclui constantes empíricas obtidas especificamente para a Índia.

No Quadro 3.1. apresenta-se uma compilação dos índices de seca mais vulgarmente utilizados, referindo as suas principais características.

Quadro 3.1 Compilação de índices de seca e suas principais características (continua)

Índice	Referência	Variáveis	Fundamentos	Escala temporal	Região/Utilizadores	Limitações	Potencialidades
Porcentagem da normal	?	Precipitação	Quociente entre a precipitação actual e a precipitação normal	Qualquer	USA, Austrália Público em geral	Comparação entre regiões ou entre épocas	Bons resultados na comparação numa dada região
Decis	Gibbs e Maher, 1967	Precipitação	Ordenação e classificação da precipitação, correspondendo cada grupo a 10% das ocorrências	Mês	Austrália Agricultura	Necessita de séries longas das variáveis	Fácil de calcular, medida estatística mais ou menos rigorosa
Índice de Palmer (PDSI)	Palmer, 1965	Precipitação, temperatura, água disponível total do solo (TAW)	Balanço hídrico do solo, desvios entre a precipitação actual e a precipitação estimada	Mês	EUA Meteorologia, Agricultura, Hidrologia	Necessita de séries longas das variáveis; inadequado para regiões de montanha e com extremos climáticos frequentes	Fisicamente baseado, pode ser calibrado localmente
Crop Moisture Index (CMI)	Palmer, 1968	Precipitação, temperatura, água disponível total do solo (TAW)	Procedimentos de cálculo incluídos no algoritmo do Índice de Palmer	Semana	EUA Agricultura	Inadequado para monitorização de secas prolongadas	Aplicabilidade universal. Identificação de potenciais secas agrícolas
Surface Water Supply Index (SWSI)	Shafer e Dezman, 1982	Precipitação, altura de neve e água armazenada nos reservatórios numa bacia hidrográfica	Análise de frequências e probabilidade de não excedência de cada variável ao nível da bacia	Mês	EUA (Colorado) Hidrologia	Índice específico da bacia; inadequado para comparações entre bacias	Bom indicador da condição das águas superficiais ao nível da bacia
Índice de Palmer Ponderado (WPDSI)	Heddinghaus e Sabol, 1991	Igual ao PDSI	Igual ao PDSI	Igual ao PDSI	Igual ao PDSI	Igual ao PDSI	Igual ao PDSI, vantagem de poder ser usado em modo operacional

Quadro 3.1 Compilação de índices de seca e suas principais características (continuação)

Índice	Referência	Variáveis	Fundamentos	Escala temporal	Região/Utilizadores	Limitações	Potencialidades
Standardized Precipitation Index (SPI)	McKee <i>et al.</i> , 1993	Precipitação	Probabilidade da precipitação em várias escalas temporais	Mês, múltiplos do mês	EUA, Europa Agricultura, Meteorologia, Hidrologia	Necessita de séries longas de precipitação	Aplicável em qualquer região, comparável no espaço e no tempo. Versátil na identificação de vários tipos de seca
National Rainfall Index (RI)	Gommes e Petrassi, 1994	Precipitação	Cálculo da precipitação média anual nacional, ponderada pelas precipitações médias históricas disponíveis	Ano	África Agricultura	Apenas é adequado para relacionar produções agrícolas e precipitação	Comparabilidade entre anos e entre países
Dependable Rains (DR)	Le Houérou, 1988	Precipitação	Quantidade de precipitação que ocorre com uma frequência de quatro em cada cinco anos	Ano	África Agricultura	Apenas é adequado para planeamento da produção agrícola	Comparabilidade entre países
Drought Area Index (DAI)	Bhalme e Mooley, 1980	Precipitação	A intensidade da seca num mês depende da precipitação mensal padronizada e da intensidade da seca no mês anterior	Mês	Índia Meteorologia Hidrologia	Necessita de séries longas de precipitação Calibração necessária para outras regiões	?
Drought Severity Index (DSI₃ e DSI₆)	Phillips e McGregor, 1998	Precipitação	Comparação da precipitação mensal com valores médios de 3 ou 6 meses	Mês	Grã-Bretanha Meteorologia Hidrologia	Necessita de séries longas de precipitação	Apropriado para avaliar diferentes formas de recursos hídricos.
Total Water Deficit (Run-sum)	Yevjevich, 1967	Escoamento ou Precipitação	Baseia-se nos défices e défices acumulados identificados através de um limiar crítico	Mês Estação Ano	Universal Hidrologia Meteorologia	Aplicação limitada a séries da variável com limiar crítico sazonal constante	Aproximação realista para medir a severidade das secas Análise probabilística dos défices na caracterização das secas

3.1.2 Análise integrada da seca: o “Drought Monitor”

No fim do século XX foi lançado um novo produto nos EUA, o mapa electrónico *Drought Monitor*, que aborda a monitorização da seca de forma integrada. Este produto tem por objectivo avaliar as condições de humidade ambientais considerando globalmente, quer as várias formas de recursos hídricos, quer os impactes diferenciados da seca sobre as diferentes actividades. O *Drought Monitor* foi criado com o objectivo de acompanhar e mostrar a magnitude e cobertura espacial da seca e dos seus impactes nos EUA. O *Drought Monitor* é actualizado semanalmente e está disponível *on-line*. O lançamento e a primeira divulgação *on-line* do mapa tiveram lugar em Agosto de 1999. O *Drought Monitor* resulta de uma parceria entre o Departamento de Agricultura (USDA), o NCDC (National Climatic Data Center) e o NDMC (National Drought Mitigation Center).

O mapa tem evoluído à medida que estão disponíveis novos ou melhores indicadores e fontes de informação (Svoboda *et al.*, 2002). Este mapa (Figura 3.2) identifica quer as áreas em seca, às quais é atribuída uma escala de intensidade que vai desde o D1 (seca moderada) até D4 (seca excepcional), quer as áreas em que é mais provável que a seca se desenvolva durante as semanas seguintes ou que estiveram recentemente submetidas a uma seca (D0). Assim, as áreas classificadas como D0 devem ser vigiadas pois ou ainda não recuperaram dos efeitos de uma seca recente ou poderão preceder uma seca com tendência a agravamento das condições.

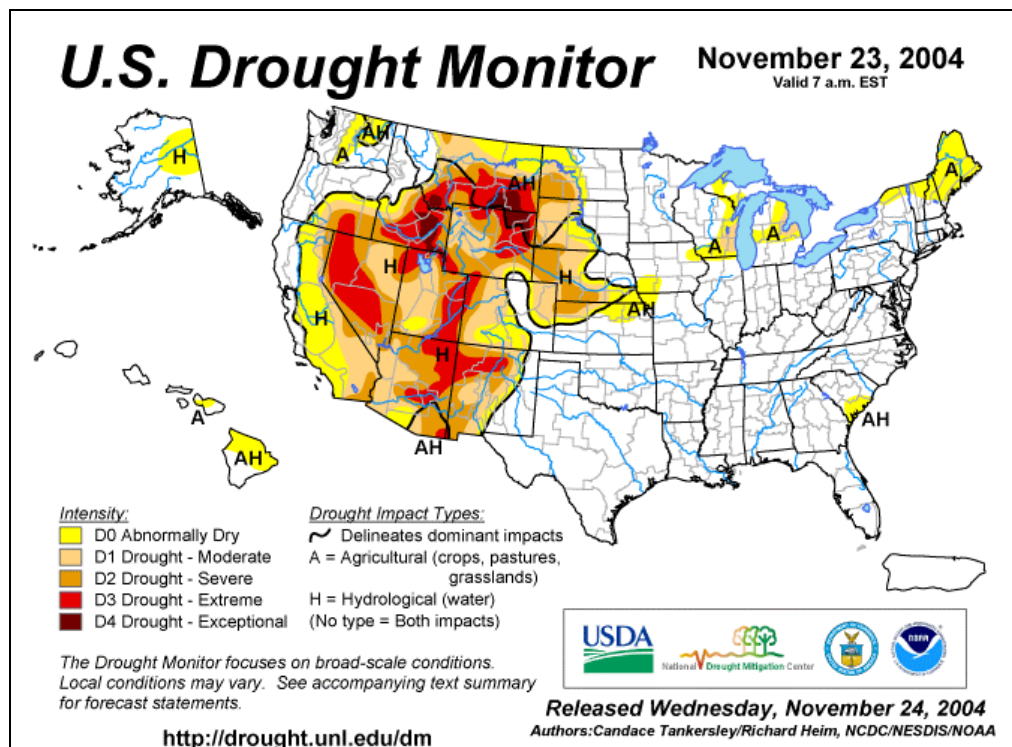


Figura 3.2 Visualização *on-line* do Drought Monitor em 23 de Novembro de 2004

O mapa mostra ainda, em cada uma das áreas em seca, o código A e/ou H que descrevem quais os principais efeitos da seca em curso. Assim, o “A” refere-se a agricultura, nomeadamente principais culturas, pastagens e pastos naturais, e o “H” a origens de abastecimento de água, rios, reservatórios e águas subterrâneas.

A definição das classes de seca baseia-se em seis indicadores principais, um qualitativo e cinco quantitativos. Assim, são considerados para a elaboração do mapa os impactos possíveis da seca, o Índice de Palmer, um modelo de humidade do solo (percentis), o escoamento semanal (percentis), o *Standardized Precipitation Index* (SPI) e o Índice Normalizado da Vegetação, NVDI, obtido por satélite. Estes indicadores são ponderados de acordo com o seu desempenho nas diferentes regiões do país e nos diferentes períodos do ano. Por vezes, são utilizados indicadores adicionais em regiões onde a neve e o degelo constituem reservas de água importantes. Durante a fase de crescimento vegetativo podem também ser usados indicadores das condições de humidade do solo. O mapa, na sua forma final, reflecte ainda observações locais efectuadas por agentes/instituições cujas actividades estão ligadas aos recursos hídricos.

3.1.3 Avaliação dos índices de seca

A quantificação da seca e a avaliação dos índices de seca, de acordo com as finalidades a que se destinam, são abordados por Keyantash e Dracup (2002). Considerando vários tipos de seca, estes autores agruparam os índices a avaliar em três categorias: índices meteorológicos, índices hidrológicos e índices agrícolas.

Keyantash e Dracup estabeleceram um conjunto de critérios de avaliação baseados nas propriedades que idealmente qualquer índice de seca deve possuir: robustez, manejabilidade, transparência, sofisticação, extensibilidade e dimensionalidade. Estas propriedades são descritas da seguinte forma:

- Robustez: um índice robusto pode ser usado com fiabilidade em condições climáticas diversas. Dado que robustez e rigor não estão necessariamente associados, em muitas situações é preferível ter um índice robusto, que forneça resultados utilizáveis em qualquer situação, embora menos rigoroso, do que ter um índice que fornece resultados muito precisos, apenas para as condições e premissas para as quais foi desenvolvido;
- Manejabilidade: um índice manejável não deverá ser muito pesado do ponto de vista computacional, deverá requerer dados fáceis de obter e não necessitar de registos históricos muito longos, muitas vezes inexistentes;

- Transparência: um índice de seca transparente deve resultar de um algoritmo lógico claro e ser facilmente entendido pelos potenciais utilizadores;
- Sofisticação: um índice sofisticado é um índice que resulta de uma boa representação física do fenómeno da seca, suportada pela boa qualidade dos dados disponíveis. Esta propriedade é difícil de compatibilizar com a transparência e manejabilidade;
- Extensibilidade: o cálculo de um índice que goza desta propriedade é facilmente extensível a outros períodos de tempo e outros cenários de seca. Por exemplo, índices baseados em dados de satélite não gozam desta propriedade pois só poderão ser calculados para períodos recentes;
- Dimensionalidade: um índice dimensional, que se expressa em função das grandezas fundamentais L, M e T é mais facilmente interpretável, pois está mais directamente ligado ao mundo real.

A classificação de cada índice resultou da soma ponderada das pontuações, numa escala ordinal de 1 a 5, atribuídas a cada critério. Os pesos atribuídos a cada um dos critérios, embora sejam fixados de forma subjectiva, devem reflectir a sua importância relativa. Keyantash e Dracup fixaram o seguinte conjunto de pesos: robustez–28%, manejabilidade–21%, transparência–17%, sofisticação–17%, extensibilidade–10% e dimensionalidade–7%.

O conjunto de critérios de avaliação referidos anteriormente foi aplicado a duas divisões climáticas dos EUA¹, avaliando 6 índices de seca meteorológica, 4 índices de seca hidrológica e 4 índices de seca agrícola. À luz dos critérios referidos anteriormente, concluíram que o método dos Decis é o melhor para a seca meteorológica, imediatamente seguido do SPI, tendo o PDSI ficado em último lugar. No que diz respeito à seca hidrológica, o Déficit Hídrico Total, que resulta da aplicação da teoria dos chorrilhos ao escoamento, foi o índice melhor classificado e o PHDI o pior. Na avaliação dos índices de seca agrícola, o teor de humidade do solo, calculado através de um modelo numérico, é classificado em primeiro lugar, tendo o índice de anomalia de humidade de Palmer, z , sido classificado em terceiro lugar, seguido pelo CMI que foi o pior classificado.

Também Quiring e Papakryiakou (2003) avaliaram o desempenho de quatro índices, com o objectivo de monitorizar a seca agrícola e prever a produção de trigo no Canadá. Nesta avaliação foram utilizados dados diários de temperaturas e precipitações referentes ao

¹ Nos EUA existem 344 divisões climáticas. Estas divisões climáticas foram geograficamente delimitadas com base nas bacias hidrográficas, nas culturas agrícolas dominantes em cada região, nas fronteiras administrativas dos estados e distritos e na classificação climática (Guttman e Quayle, 1996).

período 1920–1999. Foram avaliados o PDSI, o índice de anomalia de humidade de Palmer, z , o SPI e o índice de seca NOAA, o qual se baseia na comparação semanal entre as médias móveis da precipitação registadas nas últimas 8 semanas e as médias históricas correspondentes ao período homólogo. Quiring e Papakryiakou (2003) concluíram que o índice de anomalia de humidade de Palmer, z , é o mais apropriado para prever a produção do trigo em locais onde se verificam carências hídricas significativas durante a fase de crescimento da cultura e para quantificar a seca agrícola nas planícies do Canadá.

3.2 Metodologias de análise adoptadas

A identificação e posterior caracterização das secas quanto à sua severidade depende da metodologia de análise adoptada. Dado que a seca é um fenómeno cuja complexidade dificilmente pode ser traduzida por um único índice e que nenhum índice é intrinsecamente superior a qualquer outro (Hayes, 2003), optou-se, na análise subsequente, por utilizar vários índices/metodologias para o estudo do fenómeno.

Seleccionaram-se três metodologias de análise: a teoria dos chorrilhos, aplicada à precipitação, e dois índices de seca, o *Standardised Precipitation Index* (SPI) e o índice de Palmer, nas suas variantes *Palmer Drought Severity Index* (PDSI), índice de anomalia de humidade (z), e índice de Palmer ponderado (WPDSI). Esta escolha justifica-se, por um lado, com os objectivos do estudo, e por outro, com a quantidade e diversidade de dados disponíveis.

Um dos objectivos deste trabalho é a análise das secas, não só do ponto de vista meteorológico, mas também do ponto de vista agrícola. O índice de Palmer, classificado pelo seu autor como um índice meteorológico, apesar de não ter sido explicitamente concebido para identificar as secas agrícolas, é um índice que se baseia no balanço hídrico do solo, que reflecte as condições de humidade não só do mês actual mas de meses anteriores e que expressa os desvios em relação às condições de humidade esperadas. Tem sido utilizado para identificar a seca agrícola, principalmente nos EUA, em conjunto com outros índices. No que diz respeito ao SPI, uma das suas características, é a possibilidade de poder ser calculado para diferentes escalas temporais. Assim, o SPI avalia as deficiências cumulativas de precipitação em períodos mais curtos (3 meses), permitindo acompanhar a evolução dos défices a curto prazo, com especial interesse para a actividade agrícola. Por outro lado, séries do SPI calculadas para maiores escalas temporais (6, 9, 12) adequam-se à identificação e caracterização de secas hidrológicas. A teoria dos chorrilhos

(Yevjevich, 1967), inicialmente aplicada a séries de escoamentos para a identificação de secas hidrológicas, foi posteriormente utilizada com séries de precipitação. Este método da caracterização das secas foi um dos escolhidos uma vez que, ao contrário dos outros dois índices, adimensionais, fornece valores do défice nas mesmas unidades da variável analisada, no presente caso, a precipitação. Tem como principal limitação o facto de ter pouco significado quando a escala temporal é inferior a 3 meses. Já foi utilizado na caracterização estocástica de secas regionais em Portugal (Santos, 1981; Santos, 1996), na análise de secas pontuais e regionais nos distritos de Beja e Faro (Vaz, 1993) e na elaboração de planos de bacia (Santos e Gamboa, 2000).

O acesso aos dados e a quantidade de dados disponíveis também condicionaram a escolha dos índices a aplicar. A rede de postos udométricos apresenta uma densidade razoável e existem séries de registos de precipitação suficientemente longas para permitir análises probabilísticas com alguma fiabilidade. Os dados relativos à precipitação encontram-se disponíveis *on-line*, no *site* do INAG (<http://snirh.inag.pt>). Os dados de base para o cálculo da evapotranspiração, nomeadamente temperaturas máximas e mínimas, são mais escassos, mais difíceis de obter e as séries de um modo geral são mais curtas. Esta limitação diminui a representatividade espacial do índice de Palmer, mas apesar disso optou-se pela sua utilização.

3.2.1 Teoria dos chorrilhos

A teoria dos chorrilhos tradução adoptada para *theory of runs* (Vaz, 1993; Santos, 1996) terá sido desenvolvida no âmbito da estatística nos finais do século XIX (Santos, 1981). Um chorrilho (tradução de *run*) pode ser definido como uma sequência de observações do mesmo tipo, precedida e sucedida por observações de tipo diferente. O número de observações de uma determinada sequência constitui o comprimento do chorrilho.

A teoria dos chorrilhos foi usada, pela primeira vez, por Yevjevich (1967) para caracterizar as secas locais, também designadas por secas pontuais (Santos, 1981). Dada uma série temporal $X(t)$ e uma função, constante ou variável no tempo, $X_c(t)$, a ocorrência de um chorrilho negativo verifica-se quando $x(t)$ é consecutivamente inferior a $x_c(t)$, durante um dado intervalo de tempo. Se $x(t) \geq x_c(t)$, a diferença $x(t) - x_c(t)$ designa-se excedente; quando $x_c(t) < x(t)$, a diferença $x_c(t) - x(t)$ designa-se défice. A função $X_c(t)$ designa-se usualmente por limiar ou nível crítico. O tempo que decorre entre o início e o fim de um

dado chorrilho j corresponde ao seu comprimento, L_j . A soma de um chorrilho negativo (*run-sum*) com comprimento L_j corresponde à soma dos défices.

Yevjevich (1967) identifica a ocorrência de uma seca local sempre que a variável hidrológica que mede a água disponível, $X(t)$, é inferior ao limiar crítico, $X_c(t)$, que representa a procura de água. Assim, uma seca ocorre sempre que a procura excede a oferta. Os chorrilhos negativos, em séries de precipitação ou escoamento, estão associados a secas. O comprimento e a soma de um chorrilho negativo são grandezas utilizadas no estudo das secas (Yevjevich, 1967,1984; Guerrero-Salazar e Yevjevich, 1975). Um chorrilho negativo j pode ser caracterizado pelo comprimento (L_j) e pelo défice total (D_j) (Figura 3.3).

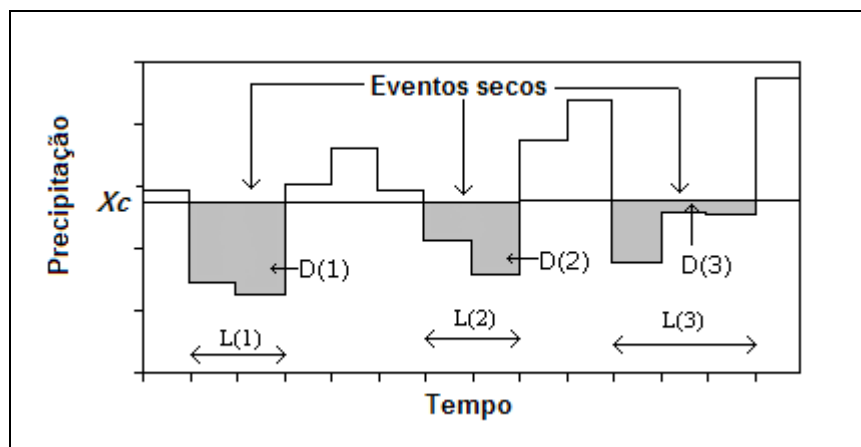


Figura 3.3 Identificação e caracterização das secas pela teoria dos chorrilhos

O limiar crítico pode ser constante (Figura 3.3) ou variável ao longo do tempo (Figura 3.4). O exemplo apresentado na Figura 3.4 considera o caudal diário como variável hidrológica determinante, $X(t)$, um limiar crítico, $X_c(t) = Q_{90}$ correspondente a uma probabilidade de não-excedência de 0,90, e ilustra a escolha de um limiar crítico (a) constante ou sazonal, (b) mensal ou (c) diário.

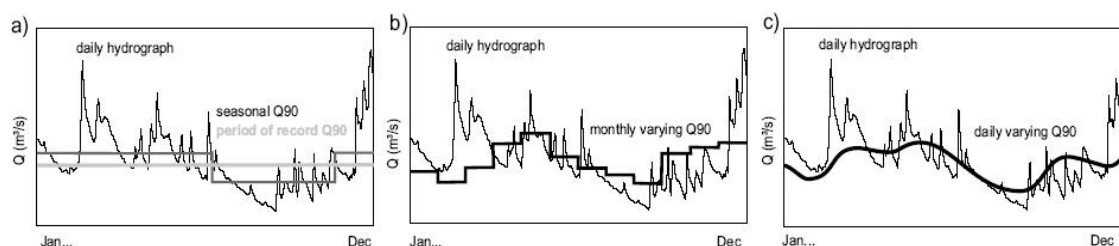


Figura 3.4 Exemplificação de limiares críticos: a) limiar anual ou sazonal b) limiar mensal c) limiar diário (Hisdal e Tallaksen, 2000)

A aplicação da teoria dos chorrilhos à variável hidrológica usada para caracterizar a seca, designada por determinante da seca (Santos, 1981) ou por variável instrumental (Santos, 1996; Henriques e Santos, 1996), permite obter as variáveis que caracterizam uma determinada seca, d :

- i) início da seca, t_0 , primeiro instante em que se considera que há déficit;
- ii) fim da seca, t_f , último instante, a partir de t_0 em que se considera que ainda há déficit;
- iii) duração, L_d , igual a $(t_f - t_0) + 1$;
- iv) déficit, D_d , obtido pela soma das diferenças entre $x_c(t)$ e $X(t)$ no intervalo $[t_0, t_f]$;
- v) severidade igual à razão D_d/L_d .

O déficit pode ser expresso em unidades de volume $[L^3]$ ou por unidades de comprimento $[L]$, se reportado a uma dada área. A severidade da seca é uma variável quantitativa dimensional ($[LT^{-1}]$ ou $[L^3T^{-1}]$), não padronizada, para a qual, ao contrário dos índices de seca adimensionais SPI e PDSI, não existe classificação em termos de escala de severidade.

Vários valores têm sido propostos para o limiar crítico, $X_c(t)$. Assim, têm sido usados para identificação das secas pontuais a média, a mediana (Herbst *et al.*, 1966; Vaz, 1993; Cancelliere e Rossi, 2003) ou qualquer outro quantil representativo de uma baixa probabilidade de excedência, geralmente 10 ou 20% (Santos, 1981; Santos, 1996; Santos e Gamboa, 2000).

Vários métodos têm sido propostos para a identificação da seca pela teoria dos chorrilhos. Estes métodos são classificados por Cancelliere *et al.* (1995) da seguinte forma:

- critério do intervalo simples, em que quer o início quer o fim da seca são determinados pelo instante em que a variável hidrológica de interesse atinge o limiar crítico (Yevjevich, 1967);
- critério dos valores acumulados, em que o início e o fim da seca são determinados através da comparação dos valores acumulados da variável, durante um período de tempo adequado, com um conjunto de valores de referência que geralmente são uma função da média, utilizado, entre outros, por Herbst *et al.* (1966) e Vaz, (1993);
- critério composto, em que o início da seca é identificado através do critério do intervalo simples e o fim da seca considera a recuperação parcial ou total do déficit,

aplicado entre outros por Correia *et al.* (1987), Mohan e Rangacharya (1991), Santos e Gamboa (2000).

A teoria dos chorrilhos é aplicada neste trabalho a séries de precipitação, utilizando duas escalas temporais de análise, o trimestre, correspondendo *grosso modo* às estações do ano, e o ano hidrológico, que se inicia em Outubro e termina em Setembro. Para a identificação das secas, no que se refere ao seu início e fim, utilizou-se o critério do intervalo simples. À escala anual, o critério de recuperação do défice para determinar o fim da seca dependerá essencialmente das utilizações da água na região e da capacidade de encaixe dos reservatórios de águas superficiais existentes. No Alentejo, grande parte dos reservatórios foram projectados para armazenamento interestacional e não interanual, pelo que não parece razoável usar o critério de recuperação do défice para estabelecer o fim da seca quando a análise é feita considerando intervalos de tempo anuais. As mesmas razões levaram a escolher o critério do intervalo simples para identificar o início da seca. Quando se consideram intervalos de tempo mais curtos, como o trimestre, a escolha do critério dos valores acumulados poderá ser mais adequada. No entanto, optou-se por manter o mesmo critério de identificação, uma vez que os índices de seca SPI e PDSI, também utilizados na análise, de alguma forma incorporam conceptualmente o critério dos valores acumulados.

Após ensaiar outros valores para o limiar crítico, nomeadamente a média (\bar{x}) e a mediana (*med*) amostrais, escolheu-se como limiar crítico $\bar{x} - s$, sendo s o desvio padrão amostral. Esta escolha deveu-se ao facto de os limiares críticos \bar{x} e *med* conduzirem à identificação de secas com uma frequência demasiado elevada. Assim, o limiar crítico escolhido $\bar{x} - s$, na hipótese de normalidade dos dados, corresponderia a uma probabilidade de não-excedência de 0,84, enquanto que à média (e à mediana) corresponderia uma probabilidade de 0,50. Apesar de a distribuição normal não ser considerada, uma vez que os valores de precipitação, quer anual quer trimestral, apresentam, de um modo geral, assimetria positiva, o afastamento em relação à distribuição normal, pelo menos no caso das precipitações anuais, não deverá ser tão elevado que estes valores de probabilidade não possam ser tomados como referência, embora grosseira.

A designação genérica “teoria dos chorrilhos” ou *theory of runs*, em estudos hidrológicos, refere-se à aplicação da metodologia a séries de escoamentos ou de precipitações. No entanto, os conceitos subjacentes à teoria dos chorrilhos são utilizados para identificar e caracterizar situações de seca quando se comparam as séries temporais de variáveis ou de índices de interesse com um valor de referência. Na Figura 3.5 exemplifica-se a definição

das características de eventos secos, em Évora, de Outubro de 1987 a Janeiro de 1997, usando o PDSI e considerando como limiar crítico $PDSI = 0$. Neste exemplo as manchas sombreadas correspondem a situações de seca, em que o valor do PDSI se situa abaixo do limiar crítico. Em cada seca pode identificar-se duração e a magnitude. A intensidade de uma dada seca resulta da razão entre a magnitude e a duração.

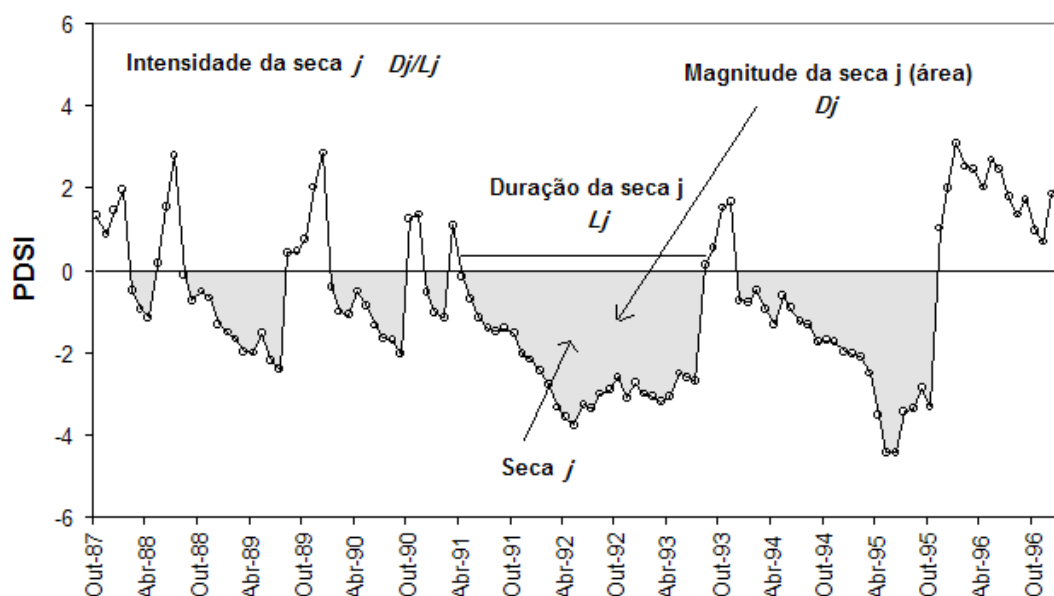


Figura 3.5 Caracterização de eventos secos usando o PDSI e a teoria dos chorrilhos (Évora, Out1987–Jan1997)

Na aplicação dos conceitos da teoria dos chorrilhos a séries, quer do índice de Palmer quer do SPI, a magnitude, designada na teoria dos chorrilhos hidrológicos por *défice*, é uma grandeza adimensional. A intensidade, designada anteriormente por *severidade*, é uma grandeza com dimensões $[T^{-1}]$.

3.2.2 Índice normalizado de precipitação (SPI)

3.2.2.1 O Índice

O *Standardised Precipitation Index* (SPI) foi desenvolvido por McKee *et al.* (1993), com o objectivo de identificar os períodos secos e avaliar a severidade das secas, em várias escalas temporais. As escalas temporais mais usualmente analisadas são a mensal e a sazonal, a qual pode variar de 2 até 48 meses. O índice baseia-se na distribuição de probabilidades da precipitação e traduz o desvio das condições ‘normais’. Embora tenha

sido concebido para a identificação de períodos secos, também pode ser usado na identificação de períodos anormalmente húmidos.

A escolha da escala temporal usada no cálculo do SPI relaciona-se com a sequência temporal das repercussões da seca sobre os recursos hídricos (Figura 2.5) e, como consequência, sobre os sectores de actividade deles dependentes, directa ou indirectamente e também com o tempo de recuperação dos seus efeitos. O tempo de recuperação dos efeitos da seca sobre os recursos naturais, os *habitats* e os ecossistemas depende da sua duração e severidade e da precipitação verificada após o seu *terminus*.

Escalas de tempo mais curtas ou mais longas reflectem o atraso na resposta dos diferentes recursos hídricos, superficiais e subsuperficiais, às anomalias de precipitação. À medida que a escala temporal aumenta, o SPI responde mais lentamente a mudanças na precipitação (McKee *et al.*, 1993). Se, por exemplo, o SPI calculado numa escala de tempo de 3 meses indica, para um dado mês, uma situação de défice, isso significa que a precipitação acumulada nos últimos 3 meses é inferior à precipitação histórica ‘normal’ correspondente aos meses em causa. Daí resulta que a escala de tempo de 3 meses poderá ser a mais adequada para avaliar a seca agrícola, dado que a agricultura tradicional de sequeiro (culturas permanentes e culturas de Outono-Inverno) é uma actividade que é afectada quase imediatamente por situações de défice hídrico. Uma escala de tempo mais longa (12 ou 24 meses) é mais adequada para avaliar as anomalias nas reservas hídricas superficiais e as consequentes perturbações nos fornecimentos a utilizadores agrícolas e não agrícolas, inclusive os urbanos.

Conforme referido anteriormente, o SPI baseia-se na distribuição de probabilidades da precipitação, pelo que os valores do índice dependem da função de distribuição escolhida, da amostra a partir da qual são estimados os parâmetros da distribuição e, ainda, do método de estimação. O SPI expressa o afastamento entre a precipitação observada e a média, em unidades de desvio padrão, no mês considerado, ou seja, é um índice normalizado, espacial e temporalmente. Esta característica permite efectuar comparações entre valores de SPI obtidos em diferentes locais ou em períodos diferentes.

3.2.2.2 Evento seco, características da seca e classificação dos valores do SPI

McKee *et al.* (1993) definiram o critério para o evento seco em qualquer escala temporal. De acordo com este critério, uma seca ocorre sempre que o SPI é continuamente negativo e atinge uma severidade em que o $SPI \leq -1$. O evento termina quando o SPI se torna positivo. A *duração* de uma seca corresponde ao número de meses que decorrem entre o

seu início e fim. O início de uma seca é identificado por um procedimento retroactivo: a seca só se confirma quando, numa série continuada de valores negativos, o SPI atinge o valor -1 . A soma dos valores mensais do SPI durante o evento seco designa-se por *magnitude* da seca; a *intensidade* da seca obtém-se através do quociente entre a magnitude e a duração. O início, o fim, a duração, a magnitude e a intensidade da seca podem assim ser identificados pela sucessão de valores de SPI (McKee *et al.* 1993, 1995). Como já foi referido na secção 3.2.1, a propósito do PDSI, a identificação do evento seco e a sua quantificação, em termos de magnitude e de intensidade, baseiam-se nos conceitos subjacentes à teoria dos chorrilhos.

Introduz-se, na caracterização de um evento seco, uma nova variável que se designa por tempo de confirmação (*lead-time*) da seca, e que corresponde, dentro de um evento seco, ao número de meses que decorrem antes de se verificar a confirmação da seca ($SPI \leq -1$).

Cada mês em que o evento persiste é caracterizado por uma dada severidade. Assim, o SPI obtido para cada mês é classificado, quanto à severidade, de acordo com a escala de classificação definida arbitrariamente por McKee *et al.* (1995) e apresentada no Quadro 3.2. O tempo esperado em cada categoria de seca baseou-se na análise de um grande número de séries de precipitação no Colorado (EUA), no período 1889–1991. A percentagem de tempo em seca moderada, severa e extrema corresponde aos valores esperados da distribuição normal do SPI.

Quadro 3.2 Classificação dos valores de SPI e tempo na categoria (McKee *et al.*, 1995)

SPI	Categoria de seca	Tempo na categoria
0 a $-0,99$	Seca ligeira	34,0%
$-1,00$ a $-1,49$	Seca moderada	9,2%
$-1,50$ a $-1,99$	Seca severa	4,4%
$\leq -2,00$	Seca extrema	2,3%
		50,0%

Uma vez que o SPI traduz o desvio das condições normais, pode também ser utilizado na identificação e caracterização de eventos húmidos. Assim, a classificação estendida também aos valores positivos, de uma forma simétrica, pelo National Drought Mitigation Center, é comumente utilizada (Quadro 3.3).

As classificações dos valores do SPI são extremamente úteis, uma vez que permitem, de uma forma objectiva, determinar quais os períodos secos e qual o grau de severidade da seca nesses períodos.

Quadro 3.3 Classificação dos valores do SPI (NDMC, 2004)

Classes de SPI	Classificação do período
≤ -2	Extremamente seco
-1,99 a -1,50	Severamente seco
-1,49 a -1,00	Moderadamente seco
-0,99 a 0,99	Quase normal
1,00 a 1,49	Moderadamente húmido
1,50 a 1,99	Muito húmido
≥ 2	Extremamente húmido

No entanto, têm surgido outras propostas de classificação, revendo a escala proposta por McKee. Assim, Agnew (2000) considera que a classificação proposta por McKee, ao atribuir a anos com seca extrema um período de retorno de 40 anos, subavalia a sua ocorrência. Argumentando que, em clima mediterrânico, as secas severas e extremas terão uma frequência superior e que a ocorrência de seca, qualquer que seja o seu grau de severidade, deverá ter uma frequência inferior a 50% (valor proposto por McKee), Agnew sugere uma classificação das categorias baseada nos 5%, 10% e 20% de probabilidades de ocorrência, às quais corresponderão os valores de SPI de -1,65, -1,27 e -0,84, respectivamente (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 Classificação dos valores do SPI (Agnew, 2000)

Classes de SPI	Classificação do período
$\leq -1,65$	Extremamente seco
-1,64 a -1,28	Muito seco
-1,27 a -0,84	Moderadamente seco
-0,83 a 0,83	Normal
0,84 a 1,27	Moderadamente húmido
1,28 a 1,64	Muito húmido
$\geq 1,65$	Extremamente húmido

O SPI tem sempre incorporada a escala de tempo para o qual foi calculado. Uma dada classificação pode indicar um evento seco, sem qualquer persistência, ou, para escalas de tempo mais longas, confirmar o estabelecimento da seca.

3.2.2.3 Processo de cálculo

O processo de cálculo do SPI num dado ano i e mês j ($j=1,\dots,12$) para uma escala de tempo k resume-se da seguinte forma:

- a) cálculo da série de precipitações acumuladas $X_{i,j}^k$ ($i=1,\dots,n$) referente ao mês j , onde cada termo obtido para o ano i é a soma da precipitação observada nesse mês com a precipitação dos $k-1$ meses anteriores;

- b) ajustamento de uma função de distribuição à série assim obtida;
- c) estimativa das probabilidades de não excedência correspondentes aos valores observados de precipitação acumulada;
- d) cálculo do SPI, transformando as probabilidades de não excedência em valores da variável normal reduzida.

Assim, tem-se:

a) Cálculo das séries de precipitações acumuladas

A precipitação total, $X_{i,j}^k$, num dado mês j de um ano i , depende da escala de tempo escolhida. Por exemplo, para calcular o SPI em Outubro do ano i com uma escala de tempo de 12 meses, a precipitação total correspondente é a soma das precipitações mensais desde Novembro do ano $i-1$ até Outubro do ano i . Se se pretende usar uma escala de tempo de 3 meses, o total em Outubro corresponde à soma das precipitações dos meses Agosto, Setembro e Outubro do ano i . O esquema da Figura 3.6 ilustra o procedimento para uma escala de tempo de 3 meses.

A precipitação total ocorrida no mês j do ano i e nos $k-1$ meses anteriores, $X_{i,j}^k$, é a soma de k valores observados de precipitação mensal, desde o k -ésimo até ao último valor mensal definida por:

$$X_{i,j}^k = \begin{cases} \sum_{l=13-k+j}^{12} P_{i-1,l} + \sum_{l=1}^j P_{i,l} & , j < k \\ \sum_{l=j-k+1}^j P_{i,l} & , j \geq k \end{cases} \quad (3.1)$$

onde $P_{i,l}$ é a precipitação no l -ésimo mês do ano i .

b) Ajustamento de funções de distribuição gama para cada mês

Verificou-se que, para os totais de precipitação, a distribuição de Pearson tipo III foi a mais frequentemente aceite em todas as regiões, para todas as durações e todos os meses considerados, numa análise levada a cabo para a elaboração do Atlas Electrónico da Seca nos EUA (Guttman *et al.*, 1993). McKee *et al.* (1993, 1995) utilizaram a distribuição gama (um caso particular da distribuição de Pearson tipo III) na derivação do SPI. A distribuição Pearson tipo III, para valores positivos do parâmetro de escala ($\beta > 0$) e para um limite

inferior $\xi = 0$ ($x > \xi$) reduz-se à distribuição gama (Stedinger *et al.*, 1993). A função densidade de probabilidade da distribuição gama a dois parâmetros é definida por

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, \quad x > 0 \quad (3.2)$$

sendo α o parâmetro de forma ($\alpha > 0$), β o parâmetro de escala ($\beta > 0$) e

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (3.3)$$

a função gama.

Os parâmetros α e β , estimados pelo método da máxima verosimilhança, obtêm-se pelas seguintes expressões (Clarke, 1973):

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3}A}}{4A} \quad (3.4)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (3.5)$$

com

$$A = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (3.6)$$

sendo \bar{x} a média das observações e $\overline{\ln x}$ a média das observações logaritmizadas.

Kite (1988) indica aproximações polinomiais obtidas por Greenwood e Durand (1960) para estimar α , para as quais o máximo erro é 0,0088% para $0 \leq A < 0,5772$ e 0,00554% para $0,5772 < A < 17,0$.

Assim, o parâmetro α foi estimado por:

$$\hat{\alpha} = \begin{cases} (0,5000876 + 0,1648852A - 0,054427A^2)/A, & 0 \leq A \leq 0,5772 \\ \frac{8,898919 + 9,059950A + 0,9775373A^2}{A(17,79728 + 11,968477A + A^2)}, & 0,5772 < A \leq 17,0 \end{cases} \quad (3.7)$$

Apresenta-se, como exemplo na (Figura 3.7) a função densidade de probabilidade gama referente ao mês de Março ($j=3$) e a uma escala de tempo de 12 meses ($k=12$), ajustada à precipitação em Évora.

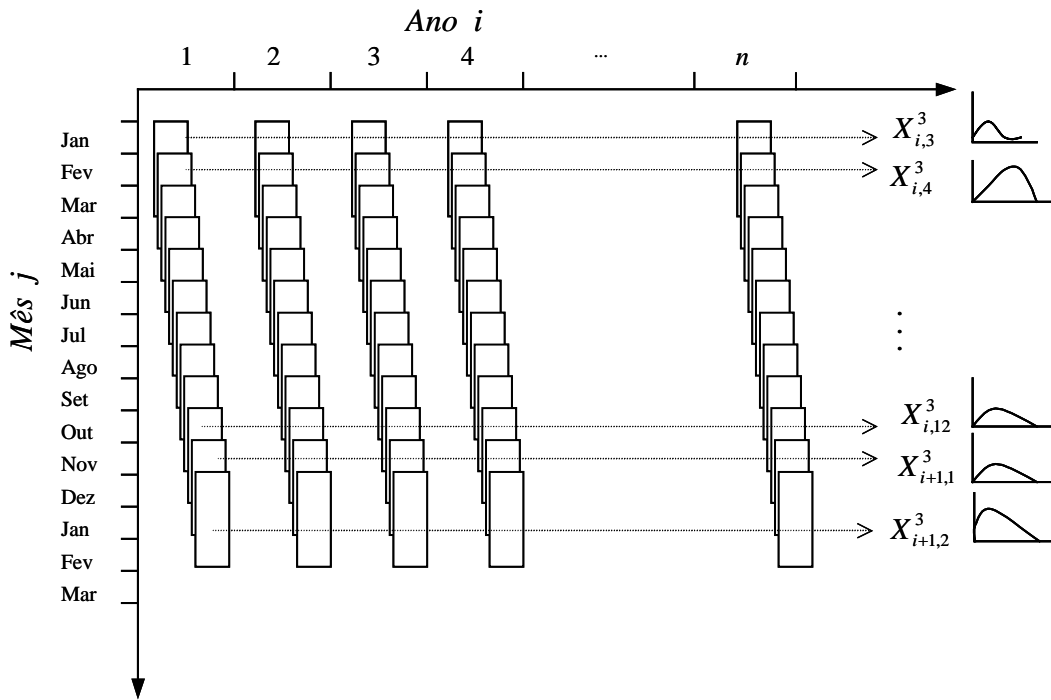


Figura 3.6 Obtenção de séries de precipitação acumulada, $X_{i,j}^k$, para uma escala de tempo de $k = 3$ meses, e das funções densidade de probabilidade para os 12 meses do ano ($j = 1, \dots, 12$)

c) *Estimativa das probabilidades de não-excedência correspondentes aos valores observados de precipitação total*

O valor tomado pela função de distribuição, para cada valor observado da precipitação total $X_{i,j}^k$, é dado por

$$P(X \leq x) = F(x) = \int_0^x f(t)dt = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-\frac{t}{\hat{\beta}}} dt \quad (3.8)$$

com $x = x_{i,j}^k$. Fazendo $z = \frac{t}{\hat{\beta}}$, esse valor é calculado a partir da função de distribuição gama a um parâmetro.

A função densidade de probabilidade gama só está definida para $x > 0$. Uma vez que a precipitação total, correspondente a uma dada escala temporal, pode tomar valores iguais a zero, a probabilidade acumulada obtém-se nestes casos por (Haan, 1977):

$$F(x) = q + (1 - q)F^*(x) \quad (3.9)$$

sendo $F^*(x)$ a função de distribuição estimada a partir das observações não nulas e q a proporção de zeros na série de precipitações totais, $X_{i,j}^k$.

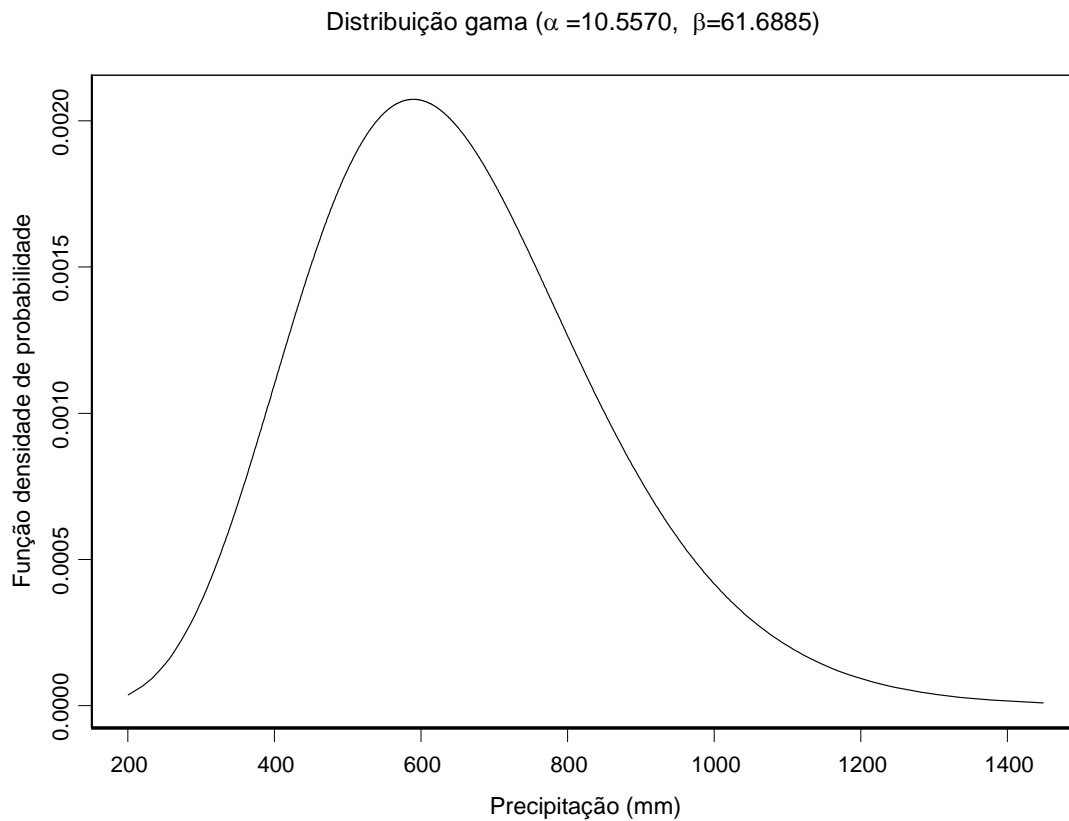


Figura 3.7 Função densidade de probabilidade gama (Évora, Março, escala de tempo de 12 meses)

Apresentam-se na Figura 3.8 a função de distribuição teórica e a função de distribuição empírica da precipitação total em Évora, no mês de Março, considerando uma escala de tempo de 12 meses. Exemplifica-se ainda na referida figura a obtenção, para um valor de 563 mm de precipitação total (Évora, Março de 1980, escala de tempo de 12 meses), do valor da função de distribuição teórica $F(x)$, que corresponde à probabilidade de não-excedência ou probabilidade acumulada de 0,3602.

d) Cálculo do SPI, transformando as probabilidades de não-excedência em valores da variável normal reduzida

A probabilidade obtida através da função de distribuição $F(x)$, para cada valor observado da precipitação total, é transformada na variável normal reduzida, o SPI.

O índice normalizado de precipitação, SPI, é então obtido por

$$SPI = \phi^{-1}(F(x)) \quad (3.10)$$

sendo ϕ a função de distribuição normal reduzida (Figura 3.9).

Na Figura 3.9 a probabilidade de não-excedência de 0,3602, obtida para uma precipitação total de 563 mm (Figura 3.8) é então transformada pela função de distribuição normal num valor de SPI igual a $-0,3759$.

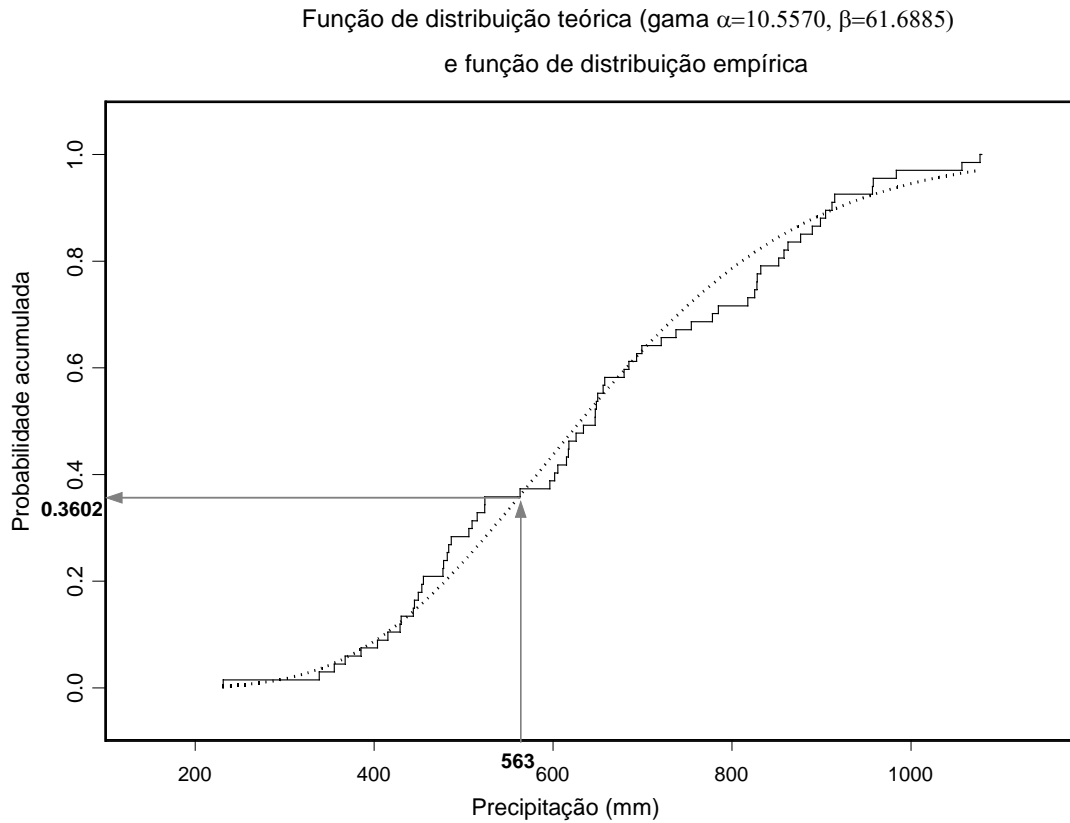


Figura 3.8 Probabilidade de não-excedência para valores observados de precipitação total (Évora, Março de 1980, escala de tempo de 12 meses)

Se a série de precipitações totais se ajustar à distribuição normal, o SPI para o ano i e mês j , na escala de tempo k , obtém-se directamente de

$$SPI_{i,j}^k = \frac{X_{i,j}^k - \hat{\mu}_j^k}{\hat{\sigma}_j^k} \quad (3.11)$$

onde

$\hat{\mu}_j^k$ é a média dos totais observados, no mês j , para uma escala de tempo k

$\hat{\sigma}_j^k$ é o desvio padrão dos totais observados, no mês j , para uma escala de tempo k

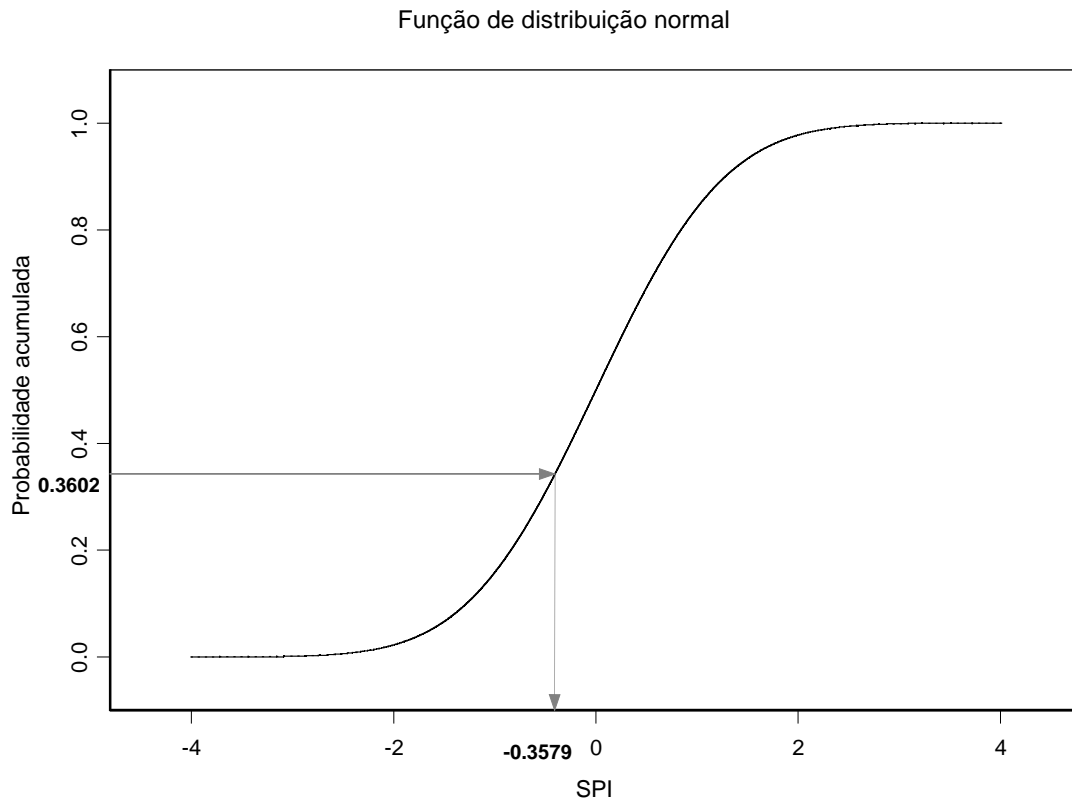


Figura 3.9 Transformação das probabilidade de não-excedência em valores da variável normal reduzida (Évora, Março de 1980, escala de tempo de 12 meses)

O SPI é um índice cujo cálculo apenas requer dados de precipitação. É uma ferramenta operacional pois pode ser calculado em tempo real, é versátil podendo ser obtido em distintas escalas de tempo, é normalizado permitindo comparações entre locais e períodos temporais distintos e é um índice probabilístico, pois resulta do ajustamento de uma função de probabilidade e posterior transformação para a distribuição normal. Por estes motivos o SPI foi um dos índices seleccionados para identificação e caracterização das secas no Alentejo, tendo sido calculado em 49 estações, em duas escalas de tempo (3 e 12 meses).

3.2.3 Índice de Seca de Palmer

3.2.3.1 O índice

A designação índice de Palmer refere-se colectivamente a um grupo de três índices que se tornaram conhecidos como PDSI (Palmer Drought Severity Index), PHDI (Palmer Hydrological Drought Index) e Índice de Anomalia de Humidade, z (Heim, 2002). Estes três índices resultam da aplicação da formulação de Palmer. O PHDI e o z são índices intermédios, obtidos durante a sequência de cálculos, sendo o PDSI o produto final. O PDSI não deve ser utilizado como ferramenta operacional na análise de secas, uma vez que os valores actuais do PDSI podem vir a sofrer alterações, dependendo o seu valor final da evolução da situação no futuro próximo, conforme é patente no algoritmo de cálculo adiante descrito (secção 3.2.3.3). Para ultrapassar esta limitação, Heddinghaus e Sabol (1991) desenvolveram o índice de Palmer ponderado (WPDSI), que, ao contrário do PDSI, é uma ferramenta operacional para a análise das secas em tempo real.

O índice de seca de Palmer (PDSI) foi desenvolvido por Palmer como um índice meteorológico para identificar e avaliar a severidade da seca. O objectivo do PDSI é disponibilizar valores padronizados das condições de humidade, por forma a permitir comparações espaciais e temporais (Palmer, 1965).

O PDSI foi inicialmente desenvolvido e aplicado nos EUA, na região das Great Plains; as relações empíricas estabelecidas para o seu cálculo resultam de um conjunto restrito de dados, referentes a duas divisões climáticas, Central Iowa e Western Kansas.

Este índice baseia-se no balanço hídrico do solo, para o cálculo da humidade do solo. O modelo de Palmer tem como entradas a precipitação, a evapotranspiração potencial e a água disponível total do solo ou reserva utilizável (*TAW*), vulgarmente designada por capacidade utilizável. O modelo calcula os desvios, num dado intervalo de tempo, entre a precipitação ocorrida e a precipitação designada por Palmer por CAFEC (*Climatically Appropriate For Existing Conditions*). Esses desvios são convertidos no índice de anomalia de humidade z e posteriormente transformados no índice de Palmer, ao qual é atribuída uma classificação em termos de severidade. Valores positivos do índice reflectem condições de humidade anormal, enquanto que os valores negativos reflectem condições de secura. Teoricamente, quando a precipitação e a temperatura são persistentemente normais o índice toma o valor zero, em qualquer clima e em qualquer época do ano.

3.2.3.2 Evento seco, características da seca e classificação dos valores do PDSI

A definição das características da seca através do índice de Palmer, nomeadamente a sua duração, severidade e intensidade recorrem a um limiar crítico, o qual permite separar meses secos e não secos. A *duração* de uma seca corresponde ao número de meses que decorrem entre o seu início e fim. Na aplicação efectuada considera-se que o início da seca tem lugar quando o PDSI atinge valores inferiores ou iguais a -1 e termina quando o $PDSI > -1$. A *severidade*, em cada mês, resulta do valor do PDSI (Quadro 3.5). A *intensidade* da seca corresponde ao valor médio mensal do PDSI enquanto o evento seco persiste e a sua *magnitude* à soma dos valores mensais do PDSI.

Quadro 3.5 Classificação do índice de Palmer (Palmer, 1965)

PDSI	Categorias do índice de Palmer
$\leq -4,00$	Seca extrema
-3,99 a -3,00	Seca severa
-2,99 a -2,00	Seca moderada
-1,99 a -1,00	Seca ligeira
-0,99 a -0,50	Seca incipiente
-0,49 a 0,49	Quase Normal
0,50 a 0,99	Incipientemente húmido
1,00 a 1,99	Ligeiramente húmida
2,00 a 2,99	Moderadamente húmida
3,00 a 3,99	Muito húmida
$\geq 4,00$	Extremamente húmida

3.2.3.3 Processo de cálculo

O cálculo do PDSI consta das seguintes etapas:

- balanço hídrico do solo;
- cálculo do índice de anomalia de humidade, z ;
- determinação da severidade da seca;
- identificação do início e fim dos períodos secos e húmidos e obtenção do PDSI

Deste modo, tem-se:

a) Balanço hídrico

O cálculo inicia-se com o balanço hídrico do solo, geralmente efectuado numa base mensal, usando séries históricas de precipitação e de temperatura. O balanço hídrico do solo, para um dado intervalo de tempo, é descrito pela equação genérica

$$P = ET + RO + (R - L) \quad (3.12)$$

onde:

- P precipitação
 ET evapotranspiração
 RO escoamento
 R recarga de água no solo
 L perda de água no solo.

A variação do armazenamento de água no solo é dada pela diferença $R - L$. A recarga e a perda de água no solo, para um dado intervalo de tempo, não se verificam simultaneamente. Quando existe recarga de água no solo ($R > 0$) as perdas são nulas ($L = 0$) e se existem perdas ($L > 0$) não existe recarga ($R = 0$). Considera-se que a única entrada de água no solo é a precipitação e que a evapotranspiração e o escoamento representam as saídas de água do volume de solo a que se refere o balanço.

A evapotranspiração, estimada pelo método de Thornthwaite recorrendo à temperatura média mensal, é utilizada como uma medida da procura climática de humidade.

Para efeitos de balanço, o solo considera-se arbitrariamente dividido em duas camadas. Assume-se que a camada superficial, independentemente do tipo de solo, tem uma reserva utilizável de 25 mm. É esta camada que recebe a precipitação e é a partir dela que se dá a evapotranspiração. A reserva utilizável do solo na camada inferior depende da profundidade efectiva das raízes e das características médias do solo na região em causa. Considera-se que a evapotranspiração decorre à sua taxa potencial até ao esgotamento da água utilizável da camada superficial. Só quando a água utilizável na camada superficial se esgota é que se verifica a remoção de água da camada inferior. Do mesmo modo se assume que só se inicia a recarga na camada inferior quando o teor de humidade na camada superficial atinge a capacidade de campo. O escoamento superficial só ocorre quando a reserva utilizável é preenchida em ambas as camadas. Em 5.1.3.2 é apresentado o conceito de reserva utilizável ou água disponível total, TAW .

As perdas de água da camada inferior dependem da reserva inicial de água no solo, da precipitação (P), da evapotranspiração potencial (ETP) e da água disponível total, TAW . Se $ETP \geq P$ a perda de água da camada superficial, L_s , é dada por

$$L_s = \min[S_s, (ETP - P)] \quad (3.13)$$

e a perda de água da camada inferior, L_u , é dada por

$$L_u = (ETP - P - L_s) \frac{S_u}{TAW} \quad (3.14)$$

em que S_s e S_u correspondem à água armazenada disponível, no início do mês, nas camadas superficial e inferior do solo, respectivamente.

No balanço hídrico, além da evapotranspiração potencial, estimada a partir dos dados climáticos, são introduzidos mais três termos potenciais expressando uma hipotética condição máxima: a recarga potencial, a perda potencial e o escoamento potencial.

Assim, a recarga potencial, PR , é definida como a quantidade de água necessária para elevar o teor de água do solo até à capacidade de campo:

$$PR = TAW - (S_s + S_u) \quad (3.15)$$

A perda potencial, PL , representa a quantidade de água que o solo pode perder por evapotranspiração durante um período de ausência de precipitação:

$$PL = PL_s + PL_u \quad (3.16)$$

em que

$$PL_s = \min[ETP, S_s] \quad (3.17)$$

$$PL_u = (ETP - PL_s) \frac{S_u}{TAW}, \quad PL_u \leq S_u \quad (3.18)$$

O escoamento potencial, PRO , corresponde à diferença entre a precipitação potencial e a recarga potencial. Após ensaiar diversas medidas para a precipitação potencial, foi adoptado o valor de TAW . Assim, o escoamento potencial é definido (Palmer, 1965) por:

$$PRO = TAW - PR = S_s + S_u \quad (3.19)$$

Palmer faz notar que esta escolha não é "particularmente elegante", mas que foi a forma mais expedita de resolução do problema. Reconhece que a atribuição de um valor mais elevado à precipitação potencial se aproximaria mais da realidade, sugerindo o valor $3\bar{P}$, o triplo da precipitação normal para esse mês. Como salienta Alley (1984), esta aproximação, embora arbitrária, pelo menos reconhece que não existe correlação entre a precipitação e a capacidade utilizável.

Apresentam-se graficamente, a título exemplificativo, os componentes actuais e potenciais do balanço hídrico no ano de 1990 em Évora (Figuras 3.8 e 3.9). O local escolhido situa-se na região de estudo. O ano de 1990 foi seleccionado por apresentar meses mais secos e menos secos, o que permitirá evidenciar algumas características do índice de Palmer. Para

efeitos de exemplificação do balanço hídrico, considerou-se um solo “médio”, com $TAW = 150$ mm. A evapotranspiração foi calculada pelo método de Thornthwaite.

Os componentes do balanço hídrico, à excepção da precipitação, estão representados na Figura 3.10. A aplicação das equações de Palmer no cálculo dos termos potenciais do balanço produzem os resultados apresentados na Figura 3.11.

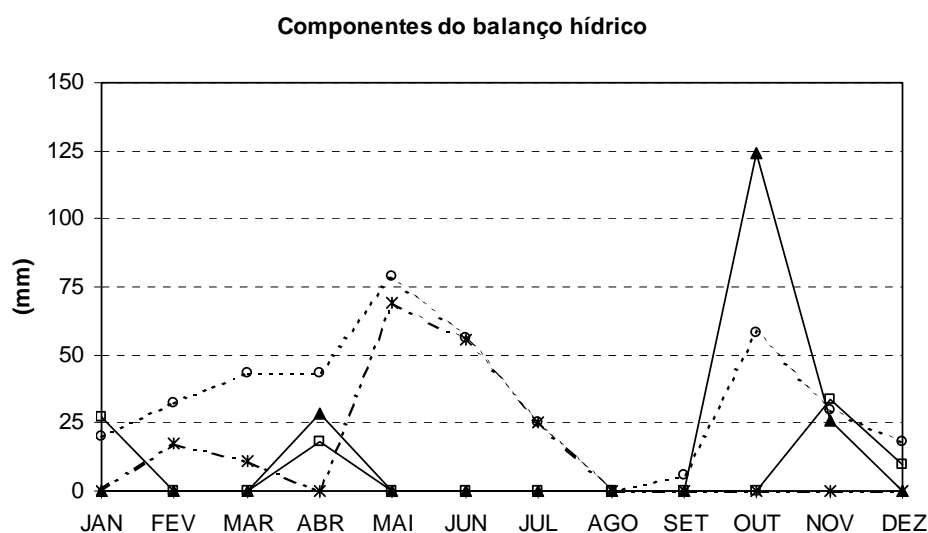


Figura 3.10 Componentes do balanço hídrico em Évora, 1990. Evapotranspiração – ET (---o---), Escoamento – RO (—□—), Recarga – R (—▲—) e Perda – L (---*---)

De acordo com o que foi referido anteriormente, constata-se que nos meses de Abril, Outubro e Novembro existe recarga (R) de água no solo, sendo as perdas (L) nulas. Nestes meses a evapotranspiração (ET) iguala a evapotranspiração potencial (ETP) (Figuras 3.10 e 3.11), o que significa que a precipitação ocorrida (P), além de satisfazer a procura climática de humidade, ainda forneceu água ao solo. Em Abril e Novembro a precipitação foi suficientemente elevada para também dar origem a escoamento (RO). Em Janeiro e Dezembro o solo encontra-se à capacidade de campo: nestes meses, em que a evapotranspiração iguala a evapotranspiração potencial, não há recarga de água no solo, registando-se escoamento.

Ao observar a Figura 3.11, verifica-se que durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro a recarga potencial toma o seu valor máximo ($PR = TAW = 150$ mm), o que significa que no início desses meses a reserva utilizável de água no solo é nula. Consequentemente, a perda e o escoamento potenciais são iguais a zero. Isto significa que, a verificar-se ocorrência de precipitação, esta terá sido utilizada na satisfação total ou

parcial das necessidades de evapotranspiração e, eventualmente, na recarga do solo (Figura 3.10).

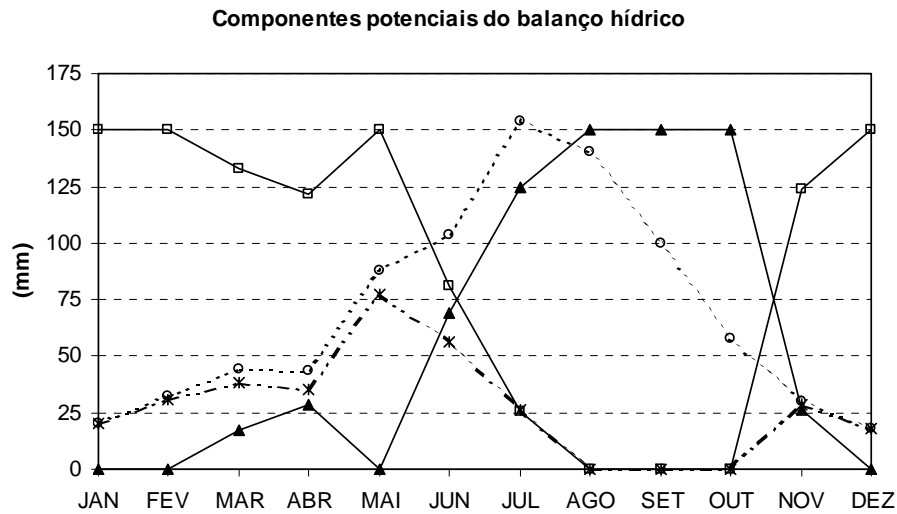


Figura 3.11 Componentes potenciais do balanço hídrico em Évora, 1990. Evapotranspiração – ETP (---○---), Escoamento – PRO (—□—), Recarga – PR (—▲—) e Perda – PL (---*---)

b) Índice de Anomalia de Humidade, z

O índice de anomalia de humidade expressa o afastamento relativo entre o clima num dado mês e local e as condições médias de humidade nesse mês.

O cálculo do PDSI no período i baseia-se no índice de anomalia de humidade. No seu cálculo d_i é o desvio entre a precipitação actual, P_i , e a precipitação que deveria ocorrer, dadas as condições climáticas médias.

$$d_i = P_i - \hat{P}_i \quad (3.20)$$

Esta precipitação, \hat{P}_i , é designada por Palmer por precipitação CAFEC (*Climatically Appropriate For Existing Conditions*). A longo prazo, as médias de P e \hat{P} são idênticas. Isto significa que a média dos desvios é nula. Assim, os desvios calculados em cada mês representam o afastamento das condições médias de humidade. A diferença d entre as precipitações actual e CAFEC é um indicador do défice ou excesso de água para um dado mês, para determinada região.

A definição de \hat{P}_i deriva do balanço hídrico, em que a precipitação é igual à soma da evapotranspiração, escoamento e variação do armazenamento da água no solo e é obtida por:

$$\hat{P}_i = \alpha_j ETP_i + \beta_j PR_i + \gamma_j PRO_i - \delta_j PL_i \quad (3.21)$$

em que:

ETP_i evapotranspiração potencial no período i

PR_i recarga potencial de água do solo no período i

PRO_i escoamento potencial no período i

PL_i perda potencial de água do solo no período i

e $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, \delta_j$ são coeficientes climáticos.

Os coeficientes climáticos são as razões entre as médias dos valores actuais e potenciais da evapotranspiração, da recarga, do escoamento e da perda. São calculados separadamente para cada mês do ano, j , por:

$$\begin{aligned} \alpha_j &= \overline{ET}_j / \overline{ETP}_j \\ \beta_j &= \overline{R}_j / \overline{PR}_j \\ \gamma_j &= \overline{RO}_j / \overline{PRO}_j \\ \delta_j &= \overline{L}_j / \overline{PL}_j \end{aligned} \quad (3.22)$$

Os desvios, d_i , obtidos para diferentes locais e meses, são convertidos em índices de anomalia de humidade recorrendo aos factores de ponderação k_j por:

$$z_i = k_j d_i \quad (3.23)$$

em que k_j é um factor de ponderação, designado por *característica climática*, que depende do mês j e da região de estudo (Palmer, 1965).

Em todas as equações apresentadas (Equações 3.23 a 3.38) para a derivação do índice de anomalia de humidade z_i , do índice de Palmer, do índice de Palmer ponderado e para a calibração do índice de Palmer, que incluem a determinação da característica climática, da severidade da seca e da determinação do início e fim dos períodos secos e húmidos, se pressupõe que os desvios d_i são expressos em polegadas. Dado que em muitas das equações, apesar de fornecerem valores adimensionais, figuram constantes empíricas originalmente derivadas para d_i expresso em polegadas optou-se por manter estas unidades, na aplicação ao Alentejo.

Os valores da característica climática k_j ($j=1,\dots,12$) são definidos (Palmer, 1965) por:

$$k_j = \frac{17,67}{\sum_{j=1}^{12} \bar{D}_j} k'_j \quad (3.24)$$

onde \bar{D}_j é a média dos valores absolutos dos desvios d_i no mês j e

$$k'_j = 1,5 \log_{10} \left(\frac{T_j + 2,8}{\bar{D}_j} \right) + 0,5 \quad (3.25)$$

com

$$T_j = \frac{\overline{ETP}_j + \overline{R}_j + \overline{RO}_j}{\overline{P}_j + \overline{L}_j} \quad (3.26)$$

e em que T_j é uma medida da razão entre a "procura" e a "oferta" de humidade, para a região em estudo, no mês j .

O valor de k'_j (Equação 3.24) não varia com o tempo, pois foi concebido para ajustar a característica climática k_j com base no clima local. Contudo, Heddinghaus e Sabol (1991) criticam esta abordagem, referindo que o PDSI não é espacialmente uniforme. Estes autores fazem notar que o denominador da Equação 3.24 poderá ser encarado como a média do valor absoluto de anomalia de humidade observado. A constante empírica do numerador, 17,67, é a média das médias locais do valor anual absoluto dos desvios d_i estimados e é obtida a partir de um conjunto restrito de dados, respeitantes a 9 divisões climáticas que, supostamente, representariam o clima médio dos EUA.

Palmer introduziu o factor de ponderação k_j , com o objectivo de tornar comparáveis diferentes regiões e diferentes meses. Assim, e independentemente do local ou mês para o qual tivesse sido calculado, o mesmo valor de z indicaria desvios equivalentes de humidade em relação às condições "normais". O factor de ponderação tende a ser maior em regiões áridas e menor em regiões mais húmidas. A dificuldade de Palmer na derivação dos factores de ponderação reflecte-se na forma e complexidade das equações.

Heddinghaus e Sabol (1991) sugerem a calibração da característica climática para as condições locais, e não a utilização de um valor único, derivado por Palmer com base em dados referentes a um número reduzido de locais.

c) Severidade da seca

Numa última fase, a série temporal do índice de anomalia de humidade (z) é analisada com o objectivo de estabelecer um critério para identificar o início e fim dos períodos de seca e uma fórmula que permita determinar a severidade da seca.

Palmer avaliou os valores acumulados do índice de anomalia de humidade, $\sum z$, nas regiões inicialmente estudadas, Central Iowa e Western Kansas. Verificou as taxas de acumulação de z nos períodos em que $\sum z < 0$, seleccionando os períodos que apresentavam taxas mais elevadas. Escolheu as 13 secas mais severas, com durações diferentes, verificando que os pontos respectivos a cada seca se distribuíam segundo uma recta, num gráfico de valores acumulados de z *versus* duração dos períodos secos, como se pode observar na Figura 3.12. Classificou esses períodos secos como “seca extrema” e atribuiu um valor numérico de severidade da seca $PDSI = -4$ à linha ajustada visualmente aos 13 pontos.

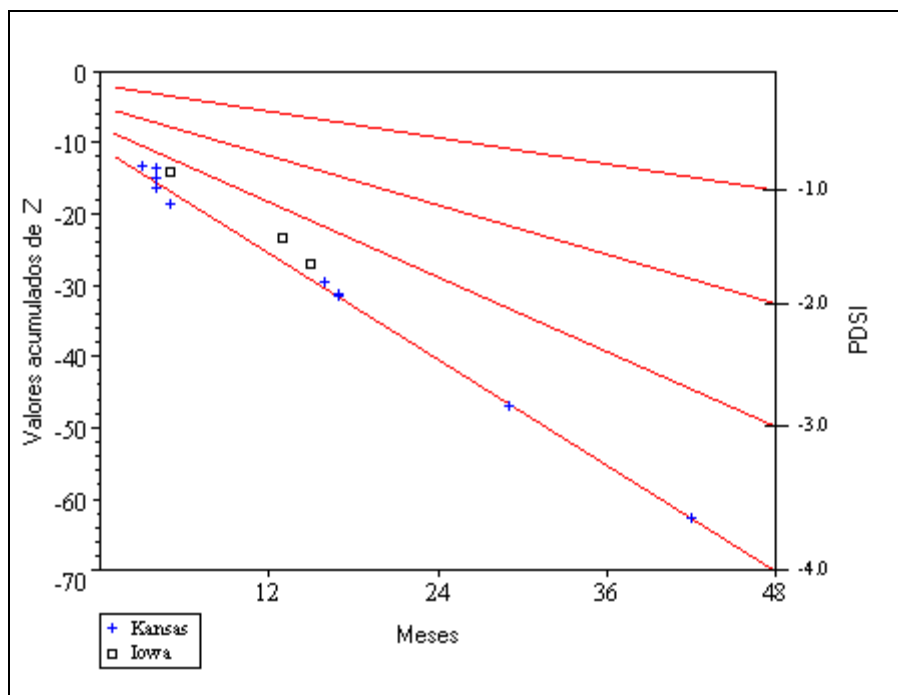


Figura 3.12 Valores acumulados do índice de anomalia de humidade durante os períodos mais secos de diversas durações em Central Iowa e Western Kansas (Palmer, 1965)

Seguidamente, Palmer subdividiu a região do gráfico situada entre a linha de “seca extrema” e um valor acumulado de z nulo por três linhas às quais designou de limites superiores da “seca severa” ($PDSI = -3,0$), “moderada” ($PDSI = -2,0$) e “ligeira” ($PDSI = -1,0$). Trocando os sinais de $\sum z$ e do PDSI obtêm-se definições semelhantes

para os períodos húmidos. A classificação dos períodos secos e húmidos usando o PDSI é dada por Palmer, numa escala que varia entre “seca extrema” ($PDSI < -4,0$) e “humidade extrema” ($PDSI > 4,0$), conforme indicado na Quadro 3.5.

A linha representando $X_i = -4,00$, ajustada visualmente aos pontos (Figura 3.12) onde X_i representa a severidade da seca no mês i , ou seja, o valor do índice $PDSI$, pode ser aproximada por:

$$\sum_{t=1}^i z_t = -4,00 (2,691 + 0,309 i) \quad (3.27.a)$$

A equação para cada uma das quatro linhas da Figura 3.12 pode ser expressa genericamente por:

$$\sum_{t=1}^i z_t = C (2,691 + 0,309 i) \quad (3.27.b)$$

onde C é o valor do PDSI ($-1,00$, $-2,00$, $-3,00$ e $-4,00$) correspondente à linha em causa.

Assim, designando o índice $PDSI$ por X_i tem-se:

$$X_i = \sum_{t=1}^i z_t / (2,691 + 0,309 i) \quad (3.27.c)$$

Esta equação atribui igual ponderação aos défices em água, quer ocorram no último mês ou em meses anteriores. A taxa à qual o índice de anomalia de humidade deverá crescer para manter um valor constante de X_i depende do valor de X_i a manter. Palmer propõe uma nova forma para o índice:

$$X_i = q z_i + p X_{i-1} \quad (3.28)$$

As Equações 3.27.c e 3.28 são equivalentes para o primeiro mês de um evento seco, em que $i = 1$ e $X_{i-1} = 0$; o valor do índice de severidade de seca no mês inicial será $z_1/3$.

Considerem-se m e b o declive e a ordenada na origem das linhas representadas na Figura 3.12. Se o coeficiente do índice no mês anterior for representado por p e o coeficiente da anomalia de humidade actual por q , estes coeficientes são obtidos pelas equações:

$$p = 1 - \frac{m}{m + b} \quad (3.29)$$

$$q = \frac{C}{m+b} \quad (3.30)$$

Verifica-se que, para cada uma das linhas da Figura 3.12, $p=0,897$ e $q=1/3$. Assim, a expressão de Palmer para o índice de severidade de seca, toma a forma final:

$$X_i = 0,897X_{i-1} + z_i/3 \quad (3.31)$$

Os valores $0,897$ e $1/3$ são constantes empíricas, designadas por *factores de duração*, pois determinam a duração do evento. A constante $p=0,897$ foi estimada por forma a manter a severidade da seca. Os factores de duração $1/3$ e $0,897$ expressam a sensibilidade do índice aos défices ou excessos de água, pois representam o peso atribuído à anomalia de humidade actual, z_i , e ao valor anterior do índice, X_{i-1} . O valor destes factores é particularmente importante na determinação do momento em que um evento estabelecido, seco ou húmido, termina.

Existem algumas limitações à aplicação da Equação 3.31. A equação requer a identificação do mês inicial de um período seco e é demasiado restritiva na identificação do fim da seca, o qual apenas é assumido para valores de X_i próximos de zero. Para os períodos húmidos as limitações são semelhantes.

Em Wells (2002) sugere-se a calibração do PDSI, obtendo, a partir dos dados locais, novos factores de duração. Argumentando que, num dado local, a sensibilidade a um défice com determinada magnitude poderá ser maior (ou menor) que a sensibilidade a um excesso de água com a mesma magnitude, O autor propõe o cálculo de dois conjuntos de factores de duração para cada local, um para eventos húmidos (*wet spells*) e outro para eventos secos (*dry spells*).

Essa calibração poderá ser feita utilizando a mesma metodologia de Palmer. Em primeiro lugar, determina-se a relação entre $\sum z_i$ num dado intervalo de tempo e a duração desse intervalo, para um dado valor do índice. Os valores mais fáceis de identificar são *PDSI* (+/-4,00) porque correspondem aos eventos mais severos. Os períodos mais húmidos e mais secos, de comprimento variável, podem ser identificados pelo valor do índice z_i , estabelecendo-se de seguida a relação linear entre os valores acumulados de z_i e a duração dos eventos mais severos (excesso ou défice de água). Uma vez estabelecida essa relação linear, propõe-se a aplicação das Equações 3.28 e 3.29 com $C = +/- 4,00$.

d) *Identificação do início e fim dos períodos secos e húmidos e obtenção do PDSI*

A identificação do início e fim, quer de períodos secos, quer de períodos húmidos, segundo Palmer (1965), depende do desenvolvimento posterior do estado do clima. Frequentemente, uma situação de seca só é identificada vários meses após o seu início. Palmer introduziu três índices intermédios, X_1 , X_2 e X_3 , com a finalidade de acompanhar a evolução da situação: X_1 e X_2 indicam a severidade, num dado mês, de um evento húmido ou seco que pode estar ou não em curso e X_3 a severidade de uma situação estabelecida. O valor do PDSI num determinado período é seleccionado entre X_1 , X_2 e X_3 , de acordo com um conjunto de regras previamente estabelecidas. A justificação da existência de índices diferentes é a de que a ocorrência de um único mês húmido, no meio de uma seca, não determina o fim da seca. No entanto, uma sequência de vários meses húmidos pode ser suficiente para terminar uma “seca severa”.

Os três índices mantêm “contabilidades” separadas e permitem a identificação da seca usando informação de mais de um mês. A escolha do valor do PDSI num determinado período baseia-se no que Palmer designa por “probabilidades” dos acontecimentos início e fim de um período seco ou de um período húmido. Uma seca considera-se definitivamente terminada quando essa “probabilidade” atinge os 100%. O PDSI toma então o valor de X_1 se uma seca estava em curso, ou o valor de X_2 se o período húmido terminou. Enquanto a “probabilidade” se mantém entre 0 e 100% existe um período de incerteza em que o PDSI toma provisoriamente o valor de X_3 . Na prática, o fim definitivo de uma seca ou de um período húmido podem ser identificados como tal vários meses após a sua ocorrência, o que significa que os valores entretanto escolhidos para o PDSI são incorrectos e deverão ser substituídos pelos valores de X_1 ou de X_2 .

Este processo retroactivo designa-se por “*backtracking*”. A escolha retroactiva do PDSI torna difícil a sua utilização em modo operacional, pois é sempre possível que os valores actuais venham a ser substituídos posteriormente.

Como já foi referido, os índices X_1 , X_2 e X_3 têm o seguinte significado:

- X_1 é um índice de severidade para um evento húmido que poderá estar a estabelecer-se;
- X_2 é um índice de severidade para um evento seco que poderá estar a estabelecer-se;

- X_3 é um índice de severidade para um evento seco ou húmido que já esteja estabelecido.

Os valores do índice X_3 também conhecido por PHDI (*Palmer Hydrological Drought Index*) mudam mais lentamente que os valores de X_1 e X_2 referentes a eventos que podem estar a estabelecer-se, reflectindo deste modo as condições de humidade a mais longo prazo (Heim, 2002).

Seguidamente, descreve-se um conjunto de regras estabelecidas por Palmer e sistematizadas em Alley (1984), para a fixação do valor do PDSI.

Os índices X_1 e X_2 são calculados pela Equação 3.31, sujeitos às restrições $X_1 \geq 0$ e $X_2 \leq 0$. Quando o valor obtido para X_1 ou X_2 viola a respectiva restrição, a variável é igualada a zero. Uma seca considera-se estabelecida quando $X_2 \leq -1,00$, pela primeira vez após o fim de uma seca ou período húmido. Um evento húmido considera-se estabelecido quando $X_1 \geq 1,00$, pela primeira vez após o fim de uma seca ou período húmido. Quando se verifica uma destas situações, faz-se $X_3 = X_2$ no caso da seca ou $X_3 = X_1$, para um evento húmido.

Considera-se ainda que uma seca ou um evento húmido em curso terminam definitivamente quando o índice regressa à categoria "quase normal", que se situa entre $-0,50$ e $+0,50$. Nesta altura X_3 retoma o valor zero. Assume-se que o fim da seca ocorre quando $z_i \geq Z_{E_i}$ em que:

$$Z_{E_i} = -2,691X_{3,i-1} - 1,5 \quad (3.32)$$

sendo Z_{E_i} a humidade necessária para reduzir, num único mês, a severidade de uma seca estabelecida a $-0,50$.

Da mesma forma, considera-se que o fim de um evento húmido ocorre quando $z_i \leq Z_{E_i}$ sendo, neste caso

$$Z_{E_i} = -2,691X_{3,i-1} + 1,5 \quad (3.33)$$

As Equações 3.32 e 3.33 obtêm-se resolvendo em ordem a z_i a Equação 3.31 e substituindo X_i por $-0,50$ e $+0,50$, respectivamente. A identificação do fim de um evento

seco ou húmido, além de recorrer às Equações 3.32 e 3.33, baseia-se também no cálculo da "probabilidade percentual", P_{E_i} , do fim de um dado evento, com

$$P_{E_i} = \frac{100 \sum_{j=0}^{j^*} U_{i-j}}{Z_{E_i} + \sum_{j=1}^{j^*} U_{i-j}} \quad (3.34)$$

onde $0 \leq P_{E_i} \leq 100$. Palmer salienta que P_E realmente não é uma probabilidade mas sim uma medida da razão entre a humidade recebida e a humidade necessária para que a seca ou o evento húmido termine. Palmer (1965) faz ainda notar que um valor de $z = -0,15$ manterá um índice de $-0,50$ de mês para mês. De facto, e atendendo à Equação 3.31, se $X_{i-1} = -0,5$ esse valor manter-se-á no mês seguinte, ou seja, $X_i = -0,5$, apenas se $z_i = -0,15$. Assim, qualquer valor de $z \geq -0,15$ tenderá a terminar uma seca sendo, neste caso, U_i definido por:

$$U_i = z_i + 0,15 \quad (3.35)$$

Depois de uma seca se ter iniciado ($X_2 \leq -1,00$) a Equação 3.35 aplica-se ao primeiro mês com $z \geq -0,15$ e é calculada para cada um dos meses seguintes até P_E atingir o valor 0 ou 100. O parâmetro j^* na Equação 3.34 corresponde ao número de sucessivos valores de U_i calculados imediatamente antes do mês corrente. Cálculos semelhantes são realizados para avaliar P_E para um evento húmido em curso, excepto no caso em que $U_i = z_i - 0,15$.

Alley (1984) sublinha que há uma inconsistência entre a Equação 3.34 e os critérios definidos anteriormente, pois esta pode indicar o fim de uma seca ($P_{E_i} = 100$) mesmo se $z_i \leq Z_{E_i}$; basta que $U_i \geq Z_{E_i}$. Substituindo na Equação 3.35 vem $z_i \geq Z_{E_i} - 0,15$ como critério resultante da Equação 3.34 para indicar o fim da seca e não $z_i \geq Z_{E_i}$. Da mesma forma, quando se trata de uma situação húmida, a Equação 3.34 pode indicar que esse evento terminou embora $z_i > Z_{E_i}$.

O índice de seca, X , num dado mês, é igualado a X_1 , X_2 ou X_3 . Quando apenas um dos índices toma valor não nulo, X toma esse valor. Pode acontecer que a escolha do valor de X não seja óbvia; muitas vezes o índice X_1 indica que um evento húmido se está

a estabelecer e simultaneamente o valor de X_2 indica que uma seca se está a instalar. Também pode acontecer que $X_1 \geq 1,00$ (indicador de início de evento húmido) e $X_2 \leq -1,00$ (indicador de início de seca) ocorram simultaneamente.

Para ultrapassar situações em que a escolha do valor de X não é óbvia, Palmer definiu uma série de regras que se baseiam no cálculo de X_1 , X_2 e X_3 em vários meses seguidos de uma escolha retroactiva do valor de X , com base na direcção que a evolução posterior do tempo parece ter seguido.

Mais uma vez, e a título de exemplo, Évora e o ano de 1990 foram usados para ilustrar as relações entre a precipitação P , a precipitação CAFEC, \hat{P}_i e os índices $PDSI$ e z_i . Os coeficientes climáticos α_j , β_j , γ_j , δ_j e a característica climática k_j utilizados na obtenção de \hat{P}_i foram calculados pelas equações de Palmer, para o período de calibração de 1965–2000. A precipitação mensal (P) e a precipitação CAFEC (\hat{P}_i), obtida pelas equações de Palmer estão representadas na Figura 3.13.

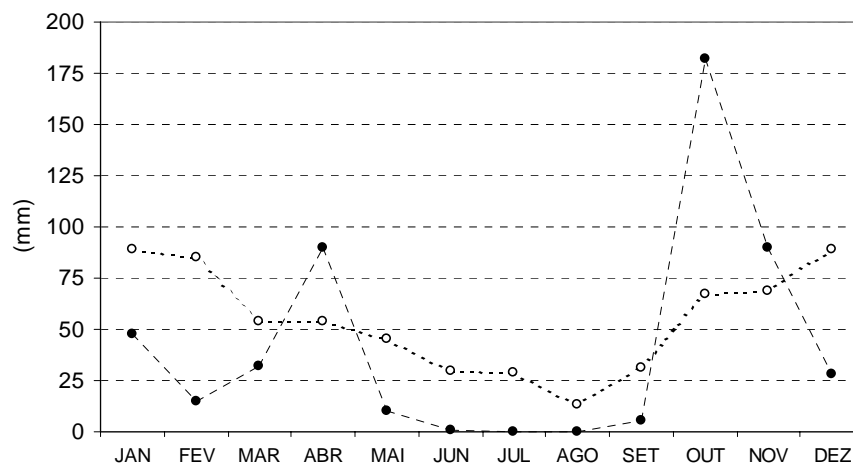


Figura 3.13 Precipitação P (---●---) e precipitação CAFEC, \hat{P}_i (---○---) em Évora, 1990

As curvas do $PDSI$ e do índice de anomalia de humidade (z) em Évora (Figura 3.14), referentes ao ano de 1990, evidenciam algumas das propriedades destes índices. O índice de anomalia de humidade no período i , z_i , reflecte de forma imediata a diferença $P_i - \hat{P}_i$, tomando valores positivos sempre que a precipitação (P_i) é superior à precipitação CAFEC (\hat{P}_i) e negativos quando $\hat{P}_i > P_i$, conforme se pode verificar comparando os gráficos da

Figura 3.13 e a curva de z_i na Figura 3.14. O PDSI atende à evolução da situação, dando algum peso ao passado recente e ao futuro próximo; o fim do evento seco só tem lugar se a precipitação ocorrida nesse mês for suficientemente elevada para compensar défices anteriores e se em meses posteriores se verificar a mesma tendência.

Estas situações podem ser observadas nas curvas da Figura 3.14. Por exemplo, no mês de Abril de 1990, em Évora, enquanto o índice de anomalia de humidade se torna positivo, o PDSI permanece negativo, embora registe uma subida. No mês de Outubro o PDSI torna-se positivo, embora não registe uma subida tão acentuado como z_i .

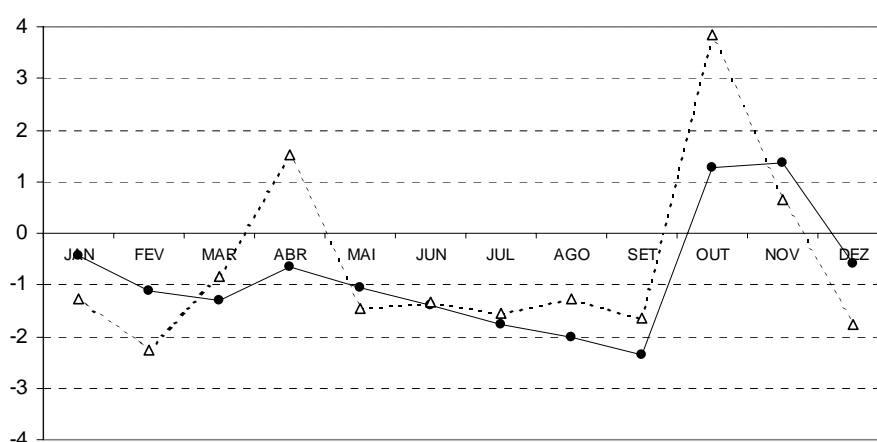


Figura 3.14 *PDSI* (—●—) e índice de anomalia de humidade, z_i (---Δ---) em Évora, 1990

3.2.3.4 O índice de Palmer ponderado, *WPDSI*

O procedimento algorítmico de alteração ou confirmação posterior dos valores inicial e temporariamente atribuídos ao índice de Palmer, de acordo com a evolução que entretanto se foi verificando, impedem a sua utilização eficaz como ferramenta de análise em tempo real. Por esse motivo, o *National Weather Service* (EUA) incorporou a “probabilidade” no cálculo do índice, eliminando o procedimento retroactivo de escolha do valor final do PDSI.

Heddinghaus e Sabol (1991) desenvolveram o índice de Palmer ponderado, designado por *WPDSI*, com o objectivo de obter uma ferramenta operacional para análise das secas. O processo de *backtracking*, incorporado na obtenção do PDSI, em que valores recentes do índice podem vir a ser substituídos por outros completamente diferentes, é eliminado.

Durante o processo de cálculo do PDSI, a “probabilidade” de que um dado valor do índice venha a ser substituído, bem como o novo valor que o irá substituir são conhecidos. Para

ter uma representação aproximada das condições actuais e quantificar a possibilidade de um evento em curso, húmido ou seco, estar a terminar, consideram-se a severidade do evento em curso, X_3 , a severidade de um evento seco que poderá estar a estabelecer-se, X_2 , a severidade de um evento húmido que poderá estar a estabelecer-se, X_1 , e a "probabilidade", P_E , de que o evento em curso termine e comece um novo evento. O índice ponderado, WPDSI, incorpora toda esta informação num único índice. Este novo índice resulta de uma média ponderada entre o valor corrente, X_3 , e o valor que poderá vir a substituí-lo, X_1 ou X_2 , em que a "probabilidade" de permanência, $1 - P_E$, e a "probabilidade" de substituição, P_E , constituem os factores de ponderação. Este índice, uma vez calculado, não é alterado posteriormente, pois o processo de *backtracking* aplica-se ao PDSI e não aos índices intermédios X_1 , X_2 ou X_3 .

O algoritmo de cálculo consta das seguintes regras:

- a) se não existe nenhum evento estabelecido ($X_3 = 0$) o índice toma o valor de X_1 ou de X_2 consoante aquele que apresenta maior valor absoluto;
- b) quando existe um evento estabelecido e não existe possibilidade de *backtracking* ($P_E = 0$ ou $P_E = 100\%$) o índice toma o valor de X_3 ;
- c) se $0 < P_E < 100\%$ existe possibilidade de *backtracking*.

Nesse caso, quando um evento seco está em curso ($X_3 < 0$) o índice é uma média ponderada, no período i , de X_3 com X_1 e o índice ponderado obtém-se por

$$WPDSI_i = (1 - P_{E_i}) X_{3,i} + P_{E_i} X_{1,i} \quad (3.36)$$

Se estiver estabelecido um evento húmido ($X_3 > 0$) o índice é uma média ponderada de X_3 com X_2 .

$$WPDSI_i = (1 - P_{E_i}) X_{3,i} + P_{E_i} X_{2,i} \quad (3.37)$$

As curvas do PDSI e do índice de Palmer ponderado, WPDSI, em Évora, de Dezembro de 1989 a Dezembro de 1990 são bastante próximas (Figura 3.15).

Os índices apresentam valores distintos apenas quando, num evento estabelecido, existe possibilidade de *backtracking* para os valores do PDSI. Para ilustrar melhor esta situação,

além do ano de 1990, constante dos gráficos anteriores, incluiu-se o mês de Dezembro de 1989 na representação gráfica. Verifica-se que em Dezembro de 1989 os valores do PDSI e do WPDSI se igualam, sendo superiores a 2,0. Nos meses seguintes, o WPDSI apresenta uma descida gradual enquanto que a descida do PDSI é mais brusca, vindo os dois índices a tomar o mesmo valor apenas 3 meses depois, em Março de 1990. De forma geral, as transições entre eventos secos e húmidos são representadas de forma mais gradual pelo WPDSI.

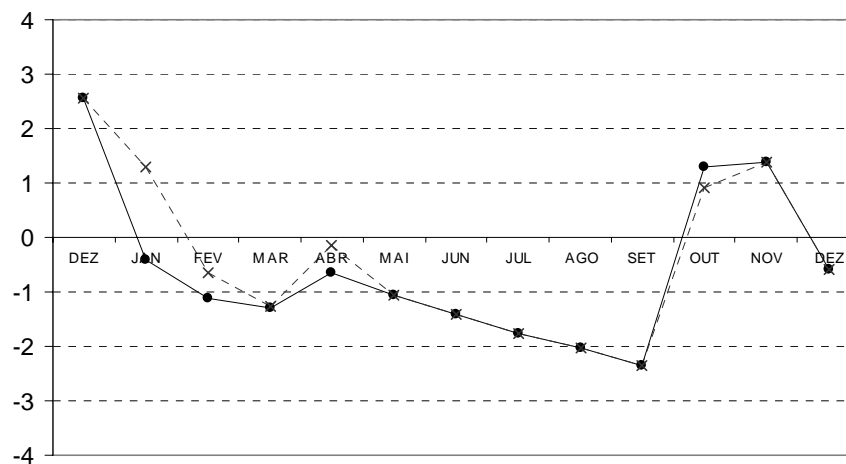


Figura 3.15 *PDSI* (—●—) e *WPDSI* (---x---) em Évora, Dez-89 a Dez-90

Embora o WPDSI seja uma ferramenta operacional para a monitorização da seca em tempo real, o PDSI é mais indicado para a análise histórica das secas, uma vez que a detecção, quer do início quer do fim da seca, envolve a análise retroactiva do conjunto de índices X_1 , X_2 e X_3 (NDMC, 2004).

3.2.3.5 Calibração do PDSI

Como já foi referido anteriormente, o PDSI foi derivado por Palmer (1965) usando registos históricos de temperaturas e precipitação de algumas regiões dos EUA. No seu cálculo são utilizadas constantes empíricas derivadas de um conjunto restrito de dados: a característica climática e os factores de duração. Assim, a *característica climática* k_j , utilizada na obtenção do índice de anomalia de humidade z é dada pela Equação 3.24 a qual inclui uma constante empírica, 17,67, resultante de um conjunto de dados, respeitantes a 9 divisões climáticas. Os *factores de duração*, 0,897 e $1/3$ (Equação 3.31) são também constantes empíricas, obtidas dos valores acumulados do índice de anomalia de humidade

z durante os períodos mais secos de diversas durações em Central Iowa e Western Kansas (Figura 3.12).

A calibração do índice de Palmer em cada região implica nova estimativa destas constantes, usando registos históricos do clima local. Em 3.2.3.3 apresenta-se com algum detalhe a metodologia para obtenção de factores de duração ajustados às condições locais.

Uma vez que a frequência de secas extremas obtida para algumas regiões é excessivamente elevada (Alley, 1984), Heddinghaus e Sabol (1991) propõem a utilização de uma característica climática, k_j , que incorpore a frequência relativa admitida para os acontecimentos mais extremos. Na classificação definida por Palmer valores extremos de seca são atingidos para $PDSI \leq -4,00$. O valor esperado para o 2º percentil do valor de PDSI deverá ser $-4,00$ e o valor esperado para o 98º percentil deverá ser igual a $4,00$. Assim o PDSI deverá ser calculado usando um índice de anomalia de humidade dado pela Equação 3.23, em que a característica climática k_j é substituída por k'_j . Seguidamente obtém-se a característica climática por

$$k_j = \begin{cases} (-4,00/PDSI_{0,02})k'_j, & d < 0 \\ (4,00/PDSI_{0,98})k'_j, & d \geq 0 \end{cases} \quad (3.38)$$

Nesta definição a característica climática k_j , depende da série de valores do PDSI calculados a partir de uma primeira aproximação dos índices de anomalia de humidade z_i ; é desta série que se obtêm os percentis que figuram na Equação 3.38. Seguidamente com o novo valor obtido para k_j , recalculam-se os valores do PDSI.

Em resumo, a calibração do índice de Palmer poderá ser complexa. Supõe-se que a aproximação de Heddinghaus e Sabol (1991) será a mais adequada para a obtenção da característica climática a qual deverá ser estimada para a região, desde que esta seja homogénea, e não localmente, como sugerido pelos autores. A estimativa dos factores de duração poderá ser feita adoptando a metodologia de Palmer.

No entanto e previamente a qualquer calibração existem outros factores que influenciam quer o balanço hídrico do solo quer o valor final do índice que deverão ser analisados, dos quais se destacam o método de cálculo da evapotranspiração e o valor adoptado para a reserva utilizável do solo, TAW .

A utilização da evapotranspiração de referência obtida pelo método FAO Penman–Monteith deverá substituir a evapotranspiração potencial obtida pelo método de Thornthwaite, dado que o método da FAO tem sido recomendado como único método padrão de cálculo da evapotranspiração (Allen *et al.*, 1998; Pereira e Allen, 1999). A reserva utilizável do solo é um parâmetro físico associado a cada tipo de solo e apresenta uma elevada variabilidade espacial. No entanto e dado que a identificação de situações extremas é particularmente sensível à reserva utilizável (Capítulo 5) a comparabilidade entre locais fica comprometida quando se adoptam diferentes valores para *TAW*.

Por outro lado a calibração deverá ter por base séries longas de registos das variáveis meteorológicas. Dado que não se dispõem de séries suficientemente longas para o cálculo do índice de Palmer na região do Alentejo (as séries de registos meteorológicos dizem respeito ao período 1965–2000) e que a sua representatividade espacial é limitada (apenas se dispõe de dados para quatro locais) optou-se pela utilização das equações originais propostas por Palmer, substituindo o método de cálculo da evapotranspiração, e adoptou-se o mesmo valor para a reserva utilizável em todos os locais, ao contrário de Pires (2003). Este autor obtém novos factores de duração e propõe uma equação diferente para a obtenção da característica climática que torna “aceitáveis” os valores do índice em períodos tomados como referência, com base em registos de 100 anos das estações meteorológicas de Lisboa, Évora e Beja, adoptando para *TAW* valores de 50, 75 e 150 mm, respectivamente.

Capítulo 4. Dados para a caracterização das secas no Alentejo

O Alentejo, região de incidência do presente estudo, localiza-se no Sul de Portugal, à latitude $37^{\circ}20' - 39^{\circ}40' \text{ N}$ e longitude $6^{\circ}55' - 8^{\circ}50' \text{ W}$ (Figura 4.1), abrangendo uma área de 27 000 km². Nesta região predomina a agricultura de sequeiro e a floresta de azinho e sobreiro. As explorações agrícolas ocupam 69% da área total e a superfície irrigável representa apenas 6% da superfície agrícola total (GPPAA, 2000). Cerca de 26% da população activa trabalha na agricultura, sendo o sector agrícola responsável por 16% do valor acrescentado bruto na região (INE, 1995). A agricultura está fortemente dependente da ocorrência e distribuição da precipitação durante o ciclo de desenvolvimento das culturas. O abastecimento doméstico no Sul de Portugal é fortemente dependente da água de origem superficial (INAG, 2001). No entanto, em períodos prolongados de seca, como por exemplo a registada em 1991–1993 e anteriormente em 1982–1983 o recurso a águas subterrâneas para o abastecimento urbano é usual. Um melhor conhecimento e caracterização das secas, a utilização de métodos de predição e a transferência da informação para os decisores poderão contribuir para uma gestão adequada das disponibilidades hídricas.

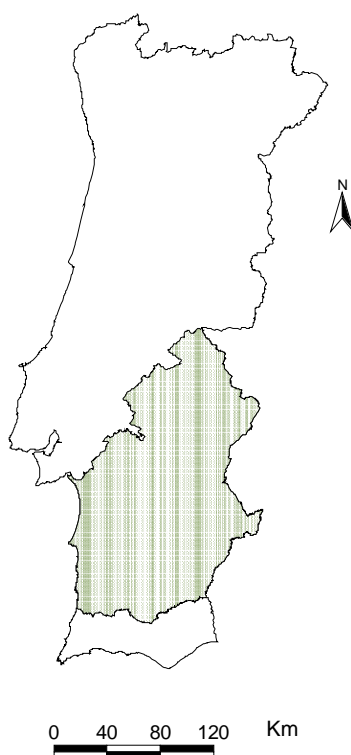


Figura 4.1 Região do Alentejo

Para a modelação da seca na região, utilizou-se como variável de interesse a precipitação mensal em vários pontos de medição e, nalguns locais (Évora, Elvas, Beja e Alvalade do Sado), as temperaturas máxima e mínima mensais, utilizadas na estimação da evapotranspiração de referência, para o cálculo do índice de Palmer.

A análise dependente unicamente da precipitação teve como base o ano hidrológico, de Outubro a Setembro. O ano civil foi tomado como base para a análise das secas recorrendo ao índice de Palmer.

O estudo das secas requer séries históricas longas que permitam obter as características estatísticas da precipitação ou de outras variáveis de interesse.

Uma vez que, para proceder à análise regional, é conveniente utilizar séries de registos da mesma dimensão e respeitantes ao mesmo período de tempo, tão longas quanto possível (Santos, 1981, 1983b; Santos, 1996, 1998), a selecção das séries de precipitação a utilizar atendeu a dois critérios: a dimensão temporal da série e a qualidade dos dados de precipitação.

De início, os dados de todas as estações udométricas localizadas a Sul do Tejo, disponibilizados pelo INAG, foram examinados. Como apenas um reduzido número de estações estava em funcionamento antes de 1930 e a maior parte da rede udométrica foi instalada em 1930 e 1931, escolheu-se o mês de Outubro de 1931 para início da análise. Estabeleceu-se como data final do período a analisar Setembro de 1999, uma vez que os dados mais recentes só estão disponibilizados para um número relativamente pequeno de locais. Consideraram-se todas as séries que no período 1931/32–1998/99 dispunham de registos referentes a, pelo menos, 60 anos de dados. No total, foram inicialmente consideradas 76 estações que satisfaziam estas condições (Quadro A.1, Anexo A).

O cálculo do índice de Palmer requer, além da precipitação, outros parâmetros climáticos, utilizados para a obtenção de *ET_o*. Esses dados são propriedade do Instituto de Meteorologia e nem sempre fáceis de obter. Por esse motivo, optou-se por restringir a análise referente ao índice de Palmer ao período 1965–2000 e apenas a 4 locais (Quadro A.2, Anexo A.).

Na estimação da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite são necessários apenas dados de temperatura. Embora a evapotranspiração potencial de Thornthwaite tenha sido integrada por Palmer no algoritmo de cálculo do PDSI, o método da FAO Penman–Monteith, é recomendado desde 1990 (Allen *et al.*, 1998) como único método padrão para

a definição e o cálculo da evapotranspiração de referência. Este método requer dados de radiação, temperatura do ar, humidade do ar e velocidade do vento. As directivas mais recentes da FAO aconselham procedimentos alternativos para o cálculo da evapotranspiração, com estimação de parâmetros climáticos ou recorrendo a informação regional (Allen *et al.*, 1998, Pereira e Allen, 1999) quando não estão disponíveis todas as variáveis. Optou-se por estimar a evapotranspiração utilizando esses procedimentos, recorrendo apenas às temperaturas máximas e mínimas, uma vez que as séries de insolação e as séries de velocidade do vento apresentam cerca de 10% de falhas em Elvas e não estão disponíveis em Alvalade, e a humidade relativa foi obtida às 9h da manhã em Elvas, onde apresenta 9% de falhas, às 6 h da manhã em Évora e Beja, e não está disponível em Alvalade.

Este capítulo está organizado em 4 secções: na secção 4.1 apresenta-se a avaliação da qualidade dos dados e o preenchimento de falhas, na secção 4.2 avalia-se a homogeneidade da região recorrendo aos momentos-L, na secção 4.3 apresentam-se as estatísticas descritivas dos dados utilizados e na secção 4.4. estuda-se a adaptabilidade da distribuição gama aos totais de precipitação.

4.1 Avaliação da qualidade dos dados e preenchimento de falhas

Dado que muitos modelos usados para descrever a precipitação assumem a aleatoriedade das séries de dados e requerem séries completas, sem falhas de observações, é necessário proceder à avaliação da qualidade dos dados e à estimativa dos valores em falta.

A aleatoriedade, em séries temporais, significa independência no tempo e homogeneidade, ou seja ausência de tendência e de autocorrelação de diferentes ordens e ausência de “saltos” em parâmetros estatísticos como a média ou a variância. A heterogeneidade e/ou a dependência no tempo em dados de precipitação podem resultar da mudança de localização da estação, da mudança de instrumentos de medição ou das condições de registo, de mudanças nos procedimentos de observação ou de alterações climáticas, naturais ou antropogénicas. As alterações climáticas, quando graduais, podem introduzir tendências nas séries climáticas que se traduzem por uma variação média ao longo do tempo; se forem bruscas traduzem-se por uma mudança de nível ou “salto” na média ou na variância.

A aleatoriedade de uma amostra, em geral, não pode ser provada. No entanto, a dependência temporal e a não-homogeneidade na distribuição dos dados amostrais podem ser detectadas através de testes estatísticos, paramétricos e não paramétricos.

A detecção do(s) ponto(s) de quebra de homogeneidade e a reposição da homogeneidade, corrigindo os valores observados, dependem dos métodos utilizados e da(s) série(s), supostamente homogênea(s), tomada(s) como referência. A escassa informação disponível sobre as estações udométricas não permite, na maior parte das vezes, atribuir as quebras de homogeneidade ou de consistência, detectadas através dos testes estatísticos, a qualquer uma das causas mencionadas anteriormente. Por estes motivos, dado que se desconhecem as causas das quebras de homogeneidade detectadas, não se efectuou qualquer correcção de homogeneidade, optando-se por não utilizar as séries cuja aleatoriedade foi rejeitada pelos testes.

Em relação aos outros parâmetros climáticos (temperaturas máximas e mínimas), não se efectuou qualquer teste de aleatoriedade já que só se utilizaram séries referentes a 4 locais.

Refere-se seguidamente, de forma sucinta, o modo como se procedeu à avaliação da qualidade dos dados de precipitação e ao preenchimento de falhas nas séries.

4.1.1 Análise de aleatoriedade

A aleatoriedade das séries anuais de precipitação foi investigada recorrendo a testes de verificação de homogeneidade, de ausência de tendência e de ausência de autocorrelação. Com essa finalidade aplicou-se um conjunto de testes não paramétricos, usualmente utilizados para este efeito (Henriques, 1981, 1990; Santos, 1996) referidos também em Helsel e Hirsch (1992). A persistência no tempo foi testada recorrendo ao teste de autocorrelação τ -Kendall e ao teste de tendência de Mann-Kendall. Para testar a homogeneidade na média e na variância foram utilizados os testes de Mann-Whitney.

O teste τ -Kendall, é um teste de correlação ordinal, que avalia a relação monotónica entre duas variáveis (Helsel e Hirsch, 1992).

Duas séries $x_{1i} = x_i$ ($i = 1, \dots, n-1$) e $x_{2j} = x_j$ ($j = 2, \dots, n$) são obtidas a partir da série temporal inicial x_t ($t = 1, 2, \dots, n$). Consideram-se os pares de observações (x_{1k}, x_{2k}) e (x_{1w}, x_{2w}) , com $w > k$ e calculam-se o número p de pares de observações *concordantes* (quando $x_{1w} > x_{1k}$ e $x_{2w} > x_{2k}$), e o número m de pares de observações *discordantes* (quando $x_{1w} > x_{1k}$ e $x_{2w} < x_{2k}$ ou $x_{1w} < x_{1k}$ e $x_{2w} > x_{2k}$). Os pares em que se verificam

empates não são concordantes nem discordantes. O coeficiente de autocorrelação τ -Kendall é dado por:

$$\tau = \frac{2s}{n(n-1)} \quad (4.1)$$

onde:

$$s = p - m \quad (4.2)$$

Dada a hipótese nula de inexistência de autocorrelação de primeira ordem entre os elementos de x_t , a estatística z_s , com correcção de continuidade, é definida por ($n > 10$):

$$z_s = \begin{cases} \frac{s-1}{\sigma_s} & , s > 0 \\ 0 & , s = 0 \\ \frac{s+1}{\sigma_s} & , s < 0 \end{cases} \quad (4.3)$$

com

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}} \quad (4.4)$$

Quando não há empates, z_s converge rapidamente para a distribuição normal padronizada à medida que n aumenta. Caso existam empates, a Equação 4.3 deverá ser corrigida (Helsel e Hirsch, 1992). A hipótese nula é rejeitada com um nível de significância α se $|z_s| > z_{1-\alpha/2}$, sendo $z_{1-\alpha/2}$ o quantil $(1-\alpha/2)$ da distribuição normal.

O teste de tendência de Mann-Kendall (Helsel e Hirsch, 1992) aplica-se da mesma forma que o teste τ -Kendall, considerando uma amostra bivariada (x_i, T_i) em que x_i é o valor observado no instante T_i . O teste permite detectar se existe uma relação monotónica significativa, crescente ou decrescente, entre x_i e T_i .

O teste de homogeneidade de Mann-Whitney (Helsel e Hirsch, 1992) foi aplicado para testar a homogeneidade da média e da variância. Este teste foi inicialmente concebido com o objectivo de detectar se duas amostras são provenientes da mesma população contínua, com a mesma média ou mediana.

Neste caso particular, obtêm-se duas séries a partir da série inicial, $x_{1i} = x_i$, com $i = 1, \dots, n_1$ e $x_{2j-n_1} = x_j$, com $j = n_1 + 1, \dots, n_1 + n_2$ (Conover, 1980; Helsel e Hirsch,

1992). O valor tomado por n_1 corresponde ao maior inteiro não superior a $n/2$, com $n = n_1 + n_2$.

Para testar a hipótese de homogeneidade da média, atribui-se a cada observação um número de ordem, de 1, para o menor valor, até n , para o maior; u toma o valor da soma dos números de ordem das n_1 observações. Dada a hipótese nula de homogeneidade da média, a estatística z_u é dada por:

$$z_u = \begin{cases} \frac{u - 1/2 - \mu_u}{\sigma_u}, & u > \mu_u \\ 0 & , \quad u = \mu_u \\ \frac{u + 1/2 - \mu_u}{\sigma_u}, & u < \mu_u \end{cases} \quad (4.5)$$

onde:

$$\mu_u = \frac{n_1(n+1)}{2} \quad (4.6)$$

e

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n+1)}{12}} \quad (4.7)$$

Quando não se verificam empates, z_u converge assintoticamente para a distribuição normal padronizada ($n_1 > 10; n_2 > 10$). A hipótese nula é rejeitada, para um nível de significância α , se $|z_s| > z_{1-\alpha/2}$.

Para testar a homogeneidade da variância calculam-se, para cada sub-amostra, os valores absolutos das diferenças entre os valores observados e as respectivas médias amostrais. De seguida atribui-se um número de ordem a cada diferença absoluta. Seja V a soma dos quadrados dos números de ordem da sub-amostra de dimensão n_1 . Então, considerando verdadeira a hipótese nula de homogeneidade da variância, a estatística z_v obtém-se por:

$$z_v = \frac{V - \mu_v}{\sigma_v} \quad (4.8)$$

onde

$$\mu_v = \frac{n_1 n_2 (n+1)(2n+1)}{6} \quad (4.9)$$

e

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n+1)(2n+1)(8n+11)}{180}} \quad (4.10)$$

no caso de não existirem empates. Esta estatística é assintoticamente normal. A regra de decisão para este teste é a mesma utilizada nos testes anteriores.

A probabilidade α_p é calculada em todos os testes: corresponde à probabilidade de obter um valor tão extremo quanto o verificado para a estatística do teste, z , considerando como verdadeira a hipótese nula. É dada por:

$$\alpha_p = 2[1 - P(Z \leq z)] \quad (4.11)$$

Se $\alpha_p < \alpha$ a hipótese nula é rejeitada, para um nível de significância α .

Os testes mencionados foram realizados recorrendo a *software* desenvolvido por Matias (1998) no DER/ISA. Estes testes foram aplicados às 76 estações seleccionadas. A hipótese de aleatoriedade foi rejeitada ($\alpha = 0,05$), pelo menos num dos testes, em 17 séries (Quadro A.3, Anexo A). Apenas se retiveram, para futura análise, as 59 estações em que a aleatoriedade da precipitação anual não foi rejeitada por nenhum dos testes efectuados. Um exemplo de uma série aleatória de precipitação anual é apresentado na Figura 4.2.

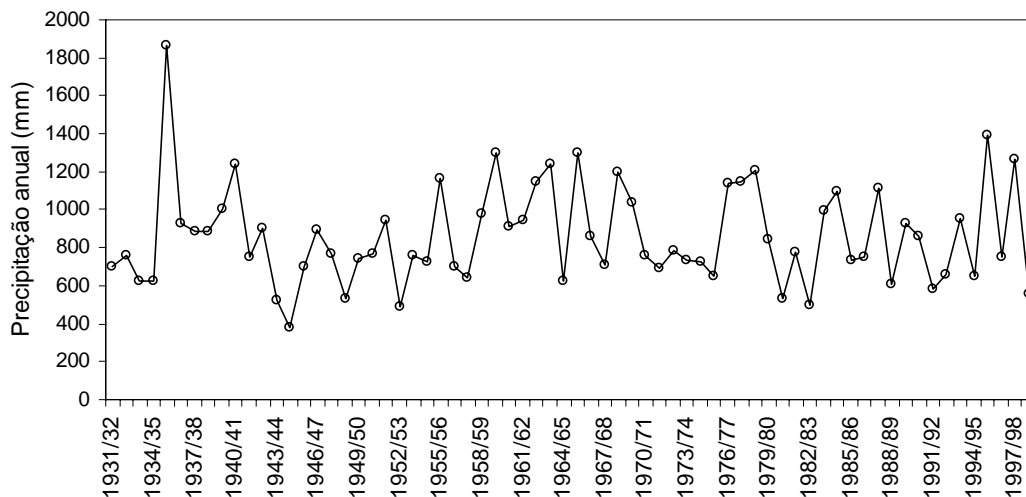


Figura 4.2 Precipitação anual em Portalegre (18M01) no período de 1931/32 a 1998/99

A série de precipitação anual na estação 20K01 é apresentada na Figura 4.3. A inspecção visual do gráfico denota uma tendência decrescente; a aleatoriedade destes dados foi rejeitada por todos os testes utilizados.

As 59 estações retidas localizam-se a Sul do Tejo, conforme já foi referido, mas nem todas se situam no Alentejo. Ao delimitar as áreas de influência das estações, através dos

polígonos de Thiessen (Linsley *et al.*, 1988), verificou-se que apenas 49 originam polígonos na região do Alentejo (Figura 4.4).

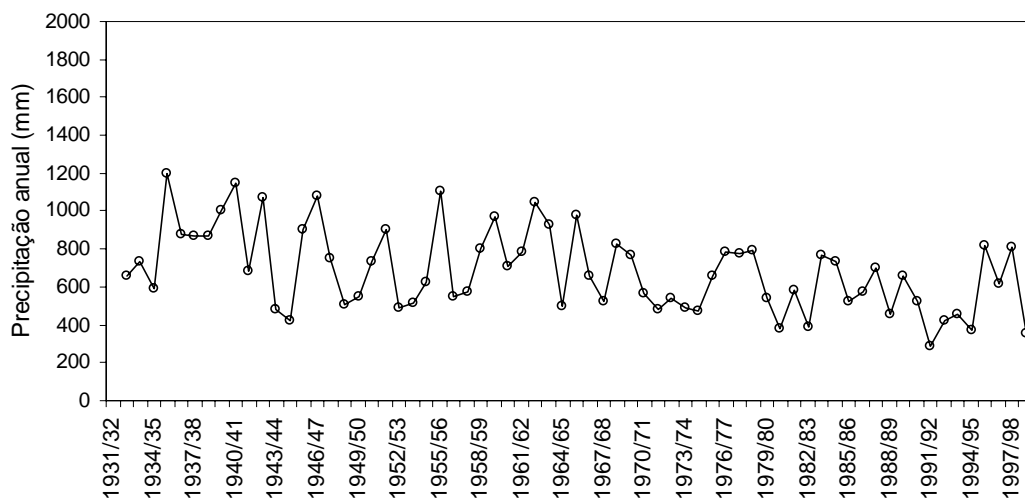


Figura 4.3 Precipitação anual em Sousel (20K01) no período de 1932/33 a 1998/99

No Quadro A.6, em Anexo, apresentam-se as áreas de influência das estações e a sua ponderação na área total da região.

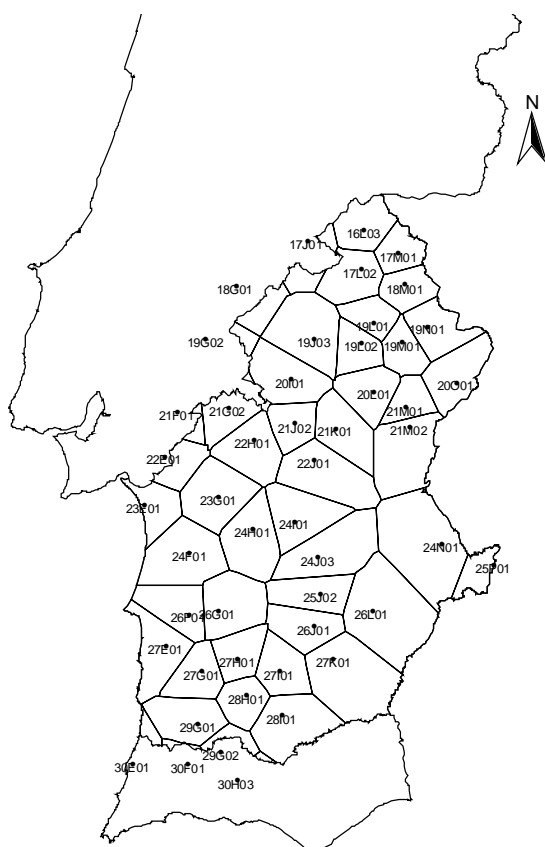


Figura 4.4 Estações udométricas e polígonos de Thiessen na região do Alentejo

4.1.2 Preenchimento dos valores em falta

Os valores em falta são usualmente estimados por transferência da informação de uma ou mais estações próximas para a estação de interesse. Dadas duas séries de observações

$$x_1, x_2, \dots, x_{n_1}, x_{n_1+1}, \dots, x_{n_1+n_2}$$

$$y_1, \dots, y_{n_1}$$

trata-se de, baseando-nos na série longa, x_i , ampliar a série mais curta, y_i , com dimensão n_1 , para uma série mais longa, \tilde{y}_i , com dimensão $n_1 + n_2$. Esta é uma representação genérica, pois não é necessário que as n_1 observações correspondentes ao período comum correspondam à primeira parte da série nem que sejam consecutivas.

Os modelos lineares são os métodos mais comuns para preencher os valores em falta. Neste trabalho consideram-se dois grupos de modelos lineares: o primeiro baseia-se na regressão linear simples de Y sobre x e o segundo, designado por MOVE (Hirsch, 1982; Vogel and Stedinger, 1985; Matias, 2000) baseia-se em técnicas de extensão com preservação da variância (Maintenance of Variance Extension). Estes modelos foram estabelecidos para aumentar a extensão das séries, preservando as propriedades estatísticas de Y , nomeadamente a média, a variância e as estatísticas de ordem extremas.

Métodos baseados na regressão linear

Nesta categoria consideraram-se dois modelos: a regressão linear simples e o modelo de Matalas e Jacobs (1964), uma regressão linear com adição de resíduos. Ambos os modelos assumem que as duas séries são independentes no tempo e apresentam uma distribuição normal multivariada.

A regressão linear simples de Y (série a completar) sobre x (série de referência) origina uma série completa, \tilde{Y} , com uma variância inferior à da série de referência. Este facto deve-se a que, com este método, os dados em falta estimados coincidem com a recta de regressão e a estrutura dos resíduos não é considerada. Para além disso, a equação de regressão explica apenas uma fracção da variância da série mais curta.

O modelo de Matalas e Jacobs consiste numa regressão linear com adição de resíduos aleatórios, ε_i ,

$$y_i = \alpha + \beta x_i + (1 - \rho^2)^{1/2} \sigma_Y \varepsilon_i \quad (4.12)$$

com $\varepsilon_i \cap N(0,1)$ e $\rho = \beta \sigma_X / \sigma_Y$.

Substituindo α e β por a e b , estimados pelo método dos mínimos quadrados, e σ_x e σ_y pelos respectivos estimadores amostrais, s_x e s_y , obtém-se a seguinte equação:

$$y_i = a + b x_i + \gamma (1 - r^2)^{1/2} s_y e_i \quad (4.13)$$

em que e_i é uma variável aleatória normal padronizada e γ uma constante utilizada para corrigir o viés de σ_y^2 .

Este modelo melhora a estimação da variância, sendo superior ao modelo de regressão linear simples. No entanto, apresenta algumas limitações. A estimativa dos valores em falta não é única pois depende da sequência de números pseudo-aleatórios e_i gerados, produzindo-se diferentes séries de \tilde{y}_i cada vez que o método é aplicado. Por outro lado, o método não preserva a estrutura de autocorrelação dos dados observados. De facto, o modelo de Matalas e Jacobs é um modelo concebido para extensão de séries e não para preenchimento de falhas.

Métodos MOVE

Estes procedimentos são adequados para situações em que as duas populações não diferem substancialmente na forma da distribuição, na autocorrelação ou na sazonalidade (Vogel e Stedinger, 1985). Hirsch (1982) sugeriu estas técnicas de extensão para melhorar os modelos anteriores. Os modelos MOVE têm uma equação geral

$$\hat{y}_i = a + b x_i \quad (4.14)$$

com valores de a e b calculados de modo a gerar uma única série.

No MOVE.1 (Hirsch, 1982) a e b são escolhidos por forma a que, se gerássemos uma sequência completa ($i = 1, \dots, n_1 + n_2$) os momentos amostrais históricos \bar{y}_1 e $s_{y_1}^2$, referentes à série y_1, \dots, y_{n_1} , seriam reproduzidos. No MOVE.2 (Hirsch, 1982) os valores para a e b permitiriam gerar uma sequência \hat{y}_i , $i = n_1 + 1, \dots, n_1 + n_2$ que reproduziria os estimadores não enviesados de Matalas e Jacobs, $\hat{\mu}_y$ e $\hat{\sigma}_y^2$.

Um novo procedimento, o MOVE.3 (Vogel e Stedinger, 1985) calcula a e b por forma a que a série estendida \tilde{y}_i apresente média e variância amostrais iguais às estimativas de Matalas e Jacobs. O MOVE.4 calcula a e b de modo a que os estimadores da média e da variância na série estendida \tilde{y}_i , $\hat{\mu}_y^*$ e $\hat{\sigma}_y^{2*}$, sejam os propostos por Vogel e Stedinger (1985).

A eficiência dos estimadores aumenta com a ordem do procedimento MOVE.

Procedimentos adoptados para o preenchimento das falhas em séries de precipitação mensais

A série de referência, x_i , escolhida para o preenchimento das falhas na série de interesse, y_i corresponde, em cada caso, à série que apresenta maior coeficiente de correlação linear com a série a preencher. O preenchimento dos valores mensais em falta foi efectuado recorrendo ao modelo MOVE.4 desde que o número de falhas fosse superior a 3; caso contrário utilizou-se o MOVE.1. Para este efeito foi elaborado um programa em Fortran, que também foi utilizado para o preenchimento de falhas de outros parâmetros climáticos. No Quadro A.4 (Anexo A) apresentam-se as estações de interesse, as respectivas estações de referência, o número de observações simultâneas nas duas séries, o número de falhas a preencher e o coeficiente de correlação linear entre pares de estações.

Procedimentos adoptados para o preenchimento das falhas em séries diárias de temperaturas máximas e mínimas

No preenchimento das falhas em séries diárias de temperatura máxima e mínima, após examinar os resultados obtidos pelos modelos mencionados, adoptou-se o modelo MOVE.2. A escolha da série de referência é feita do mesmo modo que no caso anterior, embora o leque de escolha seja bastante menor, dado que apenas se dispõe de 4 séries. No Quadro A.5 (Anexo A) apresentam-se as séries de referência utilizadas no preenchimento de falhas para cada um dos casos, bem como o número de observações simultâneas, o número de falhas a preencher e o coeficiente de correlação linear entre os pares de séries de interesse.

4.2 Avaliação da homogeneidade de uma região

Na análise regional das secas interessa verificar se a região em estudo é homogénea. A homogeneidade de uma região pode ser encarada do ponto de vista agroecológico, climático, ou de distribuição de frequências das variáveis hidrológicas e/ou dos parâmetros climáticos de interesse.

Em estudos de secas regionais efectuados em Portugal, as regiões foram definidas com base na classificação climática de Thornthwaite considerando-se, para Portugal Continental, duas regiões (Santos, 1981), ou com base nas características fisiográficas e

regimes de escoamento, tomando-se a bacia hidrográfica por unidade espacial de análise (Santos, 1996; Henriques e Santos, 1996; Santos e Gamboa, 2000).

A região em estudo, o Alentejo, totalmente incluída por Santos (1981) numa única região, abarca várias bacias hidrográficas (Guadiana, Mira, Sado, Tejo). O Alentejo foi subdividido por Leal (1995) em 5 zonas agroecológicas, num estudo para o cálculo das necessidades de rega. Do ponto de vista climático, o Alentejo pode ser considerado uma região homogénea, quer com base na classificação climática de Thornthwaite (Santos, 1981) quer atendendo à classificação de Köppen. Quase toda a região, à excepção de uma faixa litoral, é incluída, segundo a classificação de Köppen, na forma climática *Csa* (Figura 2.6). Por outro lado, a distribuição espacial da precipitação, em valores médios anuais (Figura 2.7), principal variável de interesse no estudo da seca, apresenta um padrão comum na região.

Outros autores (Álvarez e Estrela, 2003) delimitam sub-regiões na Europa agregando as bacias hidrográficas, através da classificação hierárquica, com base nos coeficientes de correlação de Pearson entre séries mensais de precipitação na bacia. Os grupos assim formados são depois reajustados, após a remoção da tendência e da sazonalidade nas séries de precipitação.

Na análise regional de frequências, a designação *região* consiste num conjunto de locais cujas distribuições de frequências são consideradas aproximadamente as mesmas, depois de uma conversão de escala apropriada. É usual, em estudos hidrológicos, delimitar regiões homogéneas com base no coeficiente de assimetria das séries da variável de interesse. Este método foi aplicado a toda a Europa Ocidental, no âmbito do projecto ARIDE (Assessment of the Regional Drought Impacts in Europe) por Santos *et al.* (1999). A delimitação de regiões homogéneas, neste contexto, aparece associada à identificação de distribuições regionais comuns, a aplicar dentro de cada região. Assim, uma região poderá ser considerada homogénea se houver suficiente evidência que os dados, relativos a diferentes locais na região, poderão ser provenientes de uma distribuição de frequências comum (excepto para o parâmetro de escala).

Hosking e Wallis (1993, 1996, 1997) estabeleceram uma metodologia para o delineamento de regiões homogéneas. Essa metodologia inclui a triagem dos dados e a identificação de regiões homogéneas. A triagem dos dados consiste na inspecção dos dados, para detecção de erros ou inconsistências; a identificação de regiões homogéneas consiste no agrupamento dos locais em regiões (Hosking and Wallis, 1993). Em Hosking e Wallis (1993), com o propósito de delineamento de regiões homogéneas, são descritas duas

estatísticas baseadas nos momentos-L a utilizar em análise regional: uma medida de discordância, para identificar sítios anómalos numa região, e uma medida de heterogeneidade, para avaliar se uma dada região proposta é homogénea. Estes testes constituem ferramentas objectivas para a tomada de decisões, tendo sido aplicados recentemente, entre outros, em estudos de homogeneidade de caudais instantâneos máximos anuais (Clausen e Pearson, 1995; Kjeldsen *et al.*, 2002) e de precipitação (Guttman, 1993; Smithers e Schulze, 2001; Lee e Maheng, 2003; Vicente-Serrano e Begueria-Portugues, 2003).

Nesta tese, a metodologia proposta por Hosking e Wallis é aplicada à região do Alentejo, com o objectivo de averiguar se a região pode ou não ser considerada homogénea quanto à precipitação. Para tal analisam-se as séries de precipitação anual nas 49 estações udométricas seleccionadas, cujas áreas de influência, delimitadas através de polígonos de Thiessen, abrangem a região do Alentejo.

Apresenta-se de seguida a revisão desta metodologia, com a descrição dos momentos-L e das medidas de discordância e de heterogeneidade introduzidas por Hosking e Wallis, e os resultados da aplicação da metodologia ao Alentejo.

4.2.1 Metodologia de análise

4.2.1.1 Momentos-L

Os momentos-L são estatísticas que, tal como os momentos ordinários, se utilizam na descrição da distribuição de probabilidades. São utilizados na estimação de parâmetros, na estimação de intervalos e em testes de hipóteses.

Embora os campos de aplicação dos momentos convencionais e dos momentos-L sejam coincidentes, estes apresentam algumas vantagens, que resultam da sua natureza. Nos estimadores amostrais baseados nos momentos ordinários as observações são elevadas ao quadrado, ao cubo, ou a expoentes superiores; os estimadores amostrais dos momentos-L são combinações lineares dos valores das observações ordenadas. Os estimadores baseados nos momentos ordinários apresentam, por este motivo, um maior viés pois atribuem maior peso às observações mais elevadas, em detrimento das outras.

Para uma variável aleatória X , com função de distribuição F , os momentos ponderados de probabilidade de ordem r , β_r , definem-se por (Greenwood *et al.*, 1979):

$$\beta_r = E \left\{ X [F(X)]^r \right\} \quad (4.15)$$

Os momentos-L, λ_r , introduzidos por Hosking (1986,1990) são combinações lineares dos momentos ponderados de probabilidade, β_k , e são dados por:

$$\lambda_{r+1} = \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* \beta_k \quad (4.16)$$

com

$$p_{r,k}^* = (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{r} \quad (4.17)$$

As razões entre momentos-L são definidas por $\tau_r = \lambda_r / \lambda_2$ para $r = 3, 4, \dots$. O momento-L λ_1 corresponde à média da distribuição, é uma medida de localização; λ_2 é uma medida de escala e as razões entre momentos-L, τ_3 e τ_4 , são medidas de assimetria e de achatamento, respectivamente. O coeficiente de variação-L, dado por $\tau = \lambda_2 / \lambda_1$, é análogo ao coeficiente de variação ordinário.

Dada uma amostra de dimensão n , onde as observações foram ordenadas em sequência crescente, x_1, x_2, \dots, x_n os momentos-L amostrais são dados por

$$l_1 = b_0, \quad (4.18.a)$$

$$l_2 = 2b_1 - b_0, \quad (4.18.b)$$

$$l_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0, \quad (4.18.c)$$

$$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 \quad (4.18.d)$$

e, em geral

$$l_{r+1} = \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* b_k \quad ; r = 0, 1, \dots, n-1 \quad (4.19)$$

com

$$b_0 = n^{-1} \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.20.a)$$

$$b_1 = n^{-1} \sum_{j=2}^n \frac{(j-1)}{(n-1)} x_j \quad (4.20.b)$$

$$b_2 = n^{-1} \sum_{j=3}^n \frac{(j-1)(j-2)}{(n-1)(n-2)} x_j \quad (4.20.c)$$

e, de um modo geral,

$$b_r = n^{-1} \sum_{j=r+1}^n \frac{(j-1)(j-2)\cdots(j-r)}{(n-1)(n-2)\cdots(n-r)} x_j \quad (4.21)$$

onde b_r é um estimador não enviesado do momento ponderado de probabilidade β_r e o momento-L amostral l_r um estimador não enviesado de λ_r .

4.2.1.2 Medida de discordância

A medida de discordância proposta por Hosking e Wallis (1993) tem por objectivo identificar, num dado grupo, os locais discordantes. A discordância é avaliada para cada variável de interesse e em cada local, em termos dos momentos-L.

Considere-se cada ponto (local) representado num espaço tridimensional pelas coordenadas coeficiente de variação-L, $L-Cv$, coeficiente de assimetria-L, $L-Gs$ e coeficiente de achatamento-L, $L-Kt$, designados respectivamente por t , t_3 e t_4 . A distância D_i entre o ponto j e o centro de gravidade da nuvem de pontos, baseada na correlação entre os momentos-L estimados fornece uma medida da discordância do ponto em relação ao grupo.

Seja $u_i = [t^{(i)} t_3^{(i)} t_4^{(i)}]^T$ o vector de coordenadas do local i e $\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i$ o vector que representa a média do grupo constituído por N locais. Considere-se a matriz de covariância amostral

$$S = (N-1)^{-1} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (4.22)$$

sendo a medida de discordância no local i definida por

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (4.23)$$

Valores elevados de D_i indicam os locais mais discordantes no grupo, considerado como um todo. A discordância pode dever-se quer a erros grosseiros nos dados quer a uma afectação errada de um determinado indivíduo (local) a uma dada região. Neste caso deverá considerar-se a hipótese de deslocar o indivíduo para outra região (Hosking e Wallis, 1993). O critério $D_i \geq 3$ é sugerido por Hosking e Wallis na identificação de locais discordantes, valor crítico esse que poderá ser superior no caso de amostras de grande

dimensão; no entanto sugerem também que sejam examinados os locais que, no grupo, apresentam valores mais elevados de D_i .

4.2.1.3 Medida de heterogeneidade

A medida de heterogeneidade proposta por Hosking e Wallis destina-se a avaliar se um determinado conjunto de locais pode ser considerado uma região homogénea. Esta medida compara as variações entre locais, baseadas nos momentos-L amostrais, com a variação esperada numa região homogénea.

A medida V definida como o desvio padrão ponderado dos $L-Cv$ amostrais, onde n_i representa o número de observações do grupo i , é calculada por

$$V = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (t^{(i)} - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (4.24)$$

Seguidamente ajusta-se uma distribuição kappa (Hosking e Wallis, 1997) aos momentos-L regionais $[1 \ t^{(R)} \ t_3^{(R)} \ t_4^{(R)}]$, que resultam da média dos momentos-L locais. A utilização desta distribuição com 4 parâmetros, mais geral, evita a escolha *a priori* de uma qualquer distribuição de 2 ou 3 parâmetros.

A simulação repetida de regiões homogéneas com N locais, tendo cada local o mesmo tamanho de registos dos dados observados n_i , usando a distribuição kappa referida, permite estimar μ_V e σ_V , através dos valores V obtidos nas simulações. A estatística de teste, H , é dada por

$$H = \frac{(V - \mu_V)}{\sigma_V} \quad (4.25)$$

Embora a estatística V , baseada no $L-Cv$ tenha maior potência discriminante na maior parte das situações, podem também utilizar-se medidas baseadas no $L-Cv$ e no $L-Gs$ (V_2), ou no $L-Cv$ e no $L-Kt$ (V_3):

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left[(t^{(i)} - \bar{t})^2 + (t_3^{(i)} - \bar{t}_3)^2 \right]^{1/2}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (4.26)$$

e

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left[(t_3^{(i)} - \bar{t}_3)^2 + (t_4^{(i)} - \bar{t}_4)^2 \right]^{1/2}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (4.27)$$

Valores elevados de H levam à rejeição da hipótese de homogeneidade. Este teste só poderá fornecer níveis de significância quando se verificarem os pressupostos de aleatoriedade e independência entre e dentro dos locais e de que a verdadeira distribuição regional é kappa.

Do ponto de vista prático a realização de 500 simulações é considerada adequada para a estimativa de μ_V e σ_V ; quanto aos valores de H , se $H < 1$ a região pode ser considerada "homogénea", se $1 < H < 2$ a região é "possivelmente heterogénea" e para valores de $H > 2$ a região é "seguramente heterogénea" (Hosking e Wallis, 1997). Embora estes critérios sejam de certo modo arbitrários quando se atinge o limite $H = 1$ poderá ser vantajoso tentar redefinir a região; se $H = 2$ a redefinição da região trará com certeza benefícios em termos de homogeneidade (Hosking e Wallis, 1993).

4.2.2 Resultados obtidos

Na avaliação da discordância entre locais, onde todos os locais foram considerados, verifica-se que o posto 20001 (Elvas) é o mais discordante do grupo, com uma medida de discordância elevada, $D_i = 6,32$, apresentando todos os outros locais valores inferiores ao critério de identificação de locais discordantes, $D_i < 3$ (Quadro A.7, Anexo A). Dado que, na análise prévia da qualidade dos dados, a hipótese de aleatoriedade da série anual de precipitação em Elvas não foi rejeitada, não se apurando inconsistência nos dados, a alternativa proposta por Hosking e Wallis seria a alocação do local a outro grupo. Optou-se, no entanto, por considerar todos os locais, incluindo este posto, na avaliação da homogeneidade da região.

Para a análise de heterogeneidade da região, simularam-se 500 regiões homogéneas com $N = 49$ locais e com um número de observações por local, $n_i = 68$, correspondente ao tamanho das séries anuais de precipitação, usando a distribuição regional kappa de parâmetros $\hat{\theta} = [0,7996 \ 0,3850 \ 0,2981 \ 0,3421]^T$.

As medidas de heterogeneidade da região, considerando todos os locais, indicam que a região pode ser considerada homogénea pois os valores das estatísticas de teste $H(1)$,

$H(2)$, e $H(3)$ (Equações 4.25, 4.26 e 4.27) calculados para as medidas de heterogeneidade V , V_2 e V_3 , respectivamente, tomam os valores $-1,63$, $-2,52$ e $-0,03$, inferiores ao valor crítico $H = 1$ estabelecido (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 Teste de heterogeneidade da região				
	Estatísticas observadas	Resultados da simulação de 500 regiões homogêneas		Medidas de heterogeneidade
	V_i	$\mu_{V(i)}^{sim}$	$\sigma_{V(i)}^{sim}$	$H(i)$
$i = 1$	0,0111	0,0133	0,0013	$-1,63$
$i = 2$	0,0305	0,0410	0,0042	$-2,52$
$i = 3$	0,0516	0,0517	0,0041	$-0,03$

Deste modo poderá admitir-se que o Alentejo é uma região homogênea no que se refere à variável precipitação anual.

Para a obtenção destes resultados utilizaram-se as rotinas em linguagem Fortran disponibilizadas no *site* <http://www.research.ibm.com/people/h/hosking/lmoments.html>.

4.3 Estatísticas descritivas dos dados

4.3.1 Estatísticas descritivas da precipitação

Calcularam-se as estatísticas descritivas da precipitação para cada estação udométrica, utilizando os momentos tradicionais. A média, a mediana, o desvio-padrão, o coeficiente de variação e o coeficiente de assimetria foram calculados para a precipitação mensal, trimestral e anual. Os resultados são apresentados nos Quadros A.8 a A.15 (Anexo A). Para a precipitação anual calcularam-se também os coeficientes de variação, de achatamento e de assimetria, utilizando os momentos-L (Quadro A.7), conforme referido em 4.2.1.

A precipitação média anual varia entre 500 mm na estação 26J01 e 1270 mm, na estação 30F01. O valor das precipitações média e mediana anuais desta última estação (Monchique) aparece claramente isolado na Figura 4.5. Estas diferenças de precipitação podem ser explicadas pela localização das estações: a estação 30F01 está a 465 m de altitude, já na região do Algarve, na encosta sul da Serra do Monchique sofrendo por esse motivo a influência do mar; a estação 26J01 (Trindade) situa-se no interior do Alentejo (Figura 4.4). A estação 30F01 não é representativa da região em termos de quantidade de precipitação e a sua área de influência corresponde apenas 0,12% da área total do Alentejo

(Quadro A.6, Anexo A). A distribuição espacial da precipitação na região pode considerar-se relativamente homogénea.

A precipitação média toma, em regra, valores mais elevados do que a mediana como pode observar-se na Figura 4.5. Esse facto reflecte-se na assimetria positiva (Figura 4.6), verificada em todas as estações e intervalos de tempo analisados, à excepção da precipitação anual na estação 24J03 (Cuba), que toma um valor negativo, $-0,04$, muito próximo de zero.

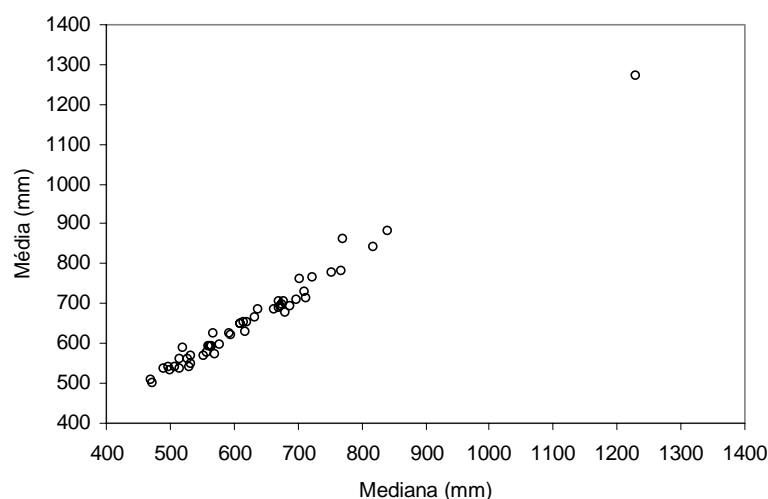


Figura 4.5 Relação entre a média e a mediana da precipitação anual nas 49 estações udométricas

O coeficiente de variação da precipitação anual varia de 0,28 em Viana do Alentejo (24I01) a 0,39 em Elvas (20O01). O segundo maior coeficiente de variação, 0,38, regista-se em Vila Viçosa (21M01). No que se refere também à precipitação anual, Elvas é a estação que apresenta maior coeficiente de assimetria, 1,64, seguida da estação 21M01 (Vila Viçosa) com um valor de 1,40. Estas duas estações são vizinhas situando-se próximo da fronteira. A estação 18M01 (Portalegre) também apresenta uma assimetria elevada. As estações 18M01, 20O01, 21M01 e 24J03 são identificadas na Figura 4.6.

A relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação, estimados pelo método dos momentos-L identifica da mesma forma as estações 18M01, 20O01 e 21M01 e 24J03 (Figura 4.7).

Quando se considera a relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de achatamento, estimados pelos momentos-L também se pode observar que as estações 21M01 (Vila Viçosa) e 20O01 (Elvas) se destacam do grupo (Figura 4.8).

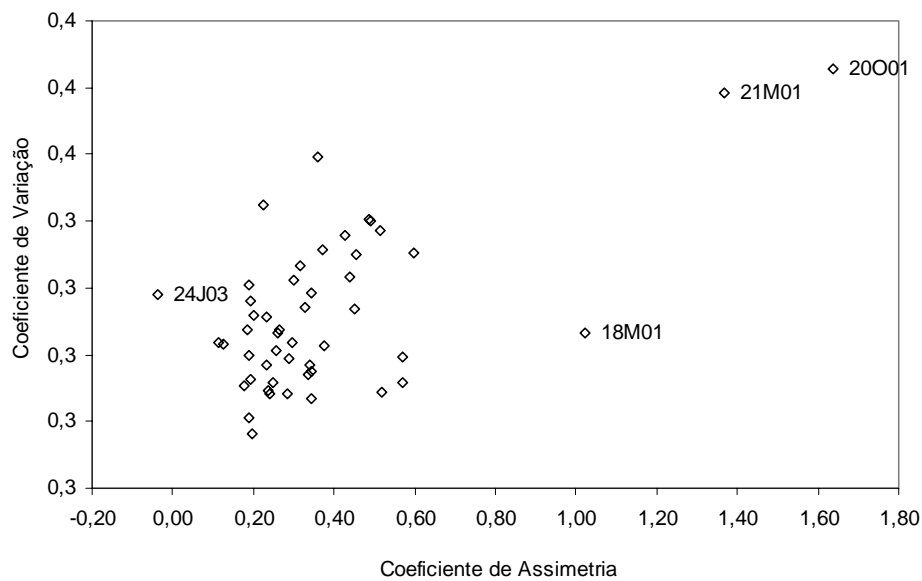


Figura 4.6 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação da precipitação anual nas 49 estações udométricas

Quando se considera a precipitação mensal, verifica-se que os meses de Junho, Julho Agosto e Setembro apresentam valores elevados do coeficiente de variação (Quadro A.10), de um modo geral superiores a 1; o trimestre Julho – Setembro é também aquele em que o coeficiente de variação é mais elevado. (Quadro A.14).

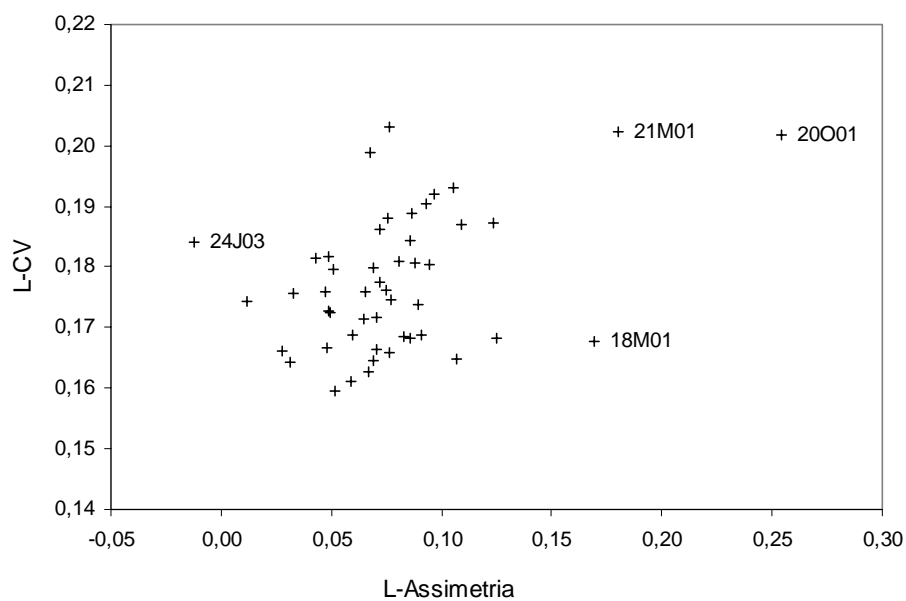


Figura 4.7 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação da precipitação anual calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas

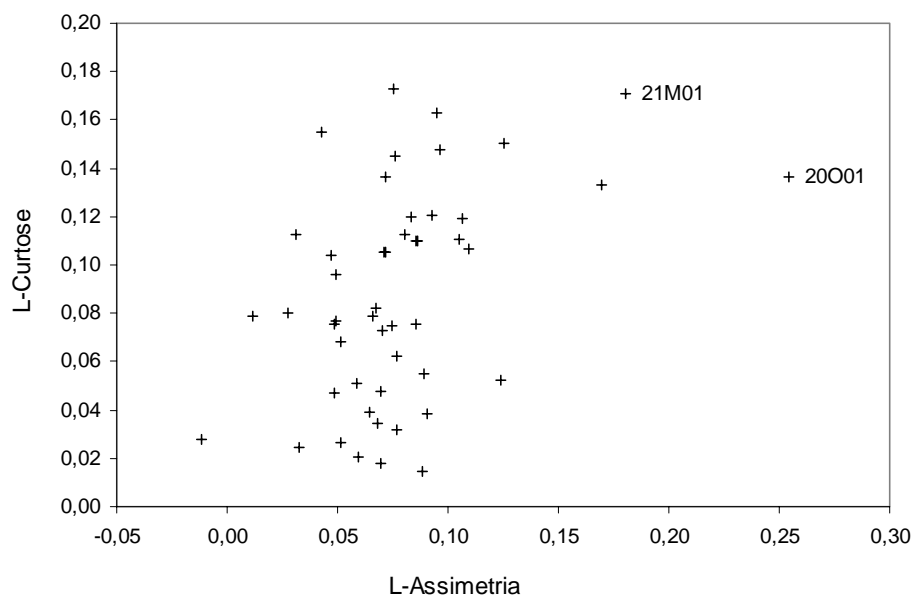


Figura 4.8 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de achatamento da precipitação anual calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas

4.3.2 Estatísticas descritivas da temperatura máxima, temperatura mínima e evapotranspiração de referência

Em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado, utilizaram-se dados mensais de temperaturas máximas e mínimas referentes ao período 1965–2000 para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), adoptando as alternativas propostas por Allen *et al.* (1998) e Pereira e Allen (1999). Os valores médios mensais das temperaturas máxima e mínima e da evapotranspiração de referência constam do Quadro 4.2.

A mediana, o coeficiente de variação e o coeficiente de assimetria referentes a estes dados apresentam-se nos Quadros A.16 a A.18 (Anexo A).

Quadro 4.2 Valores médios mensais das temperaturas máxima e mínima e da evapotranspiração de referência em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado no período 1965–2000

Temperatura máxima (°C)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	13,4	15,0	18,1	20,0	23,9	29,3	33,5	33,2	29,5	23,2	17,5	13,8
Évora	12,9	14,0	16,8	18,3	21,7	26,6	30,6	30,5	27,3	21,7	16,6	13,5
Beja	13,9	15,1	18,1	19,8	23,6	28,7	32,8	32,5	29,0	23,1	17,8	14,4
Alvalade	15,4	16,4	19,1	20,4	23,7	27,8	31,2	31,5	29,1	24,2	19,3	16,0

Temperatura mínima (°C)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	3,9	4,9	6,3	8,0	10,7	14,1	16,5	16,2	14,7	11,6	7,6	5,1
Évora	5,8	6,4	7,6	8,7	11,0	13,8	16,0	16,2	15,4	12,5	9,1	6,8
Beja	5,4	6,0	6,9	8,1	10,3	13,3	15,4	15,7	15,0	12,3	8,8	6,4
Alvalade	3,9	5,0	5,7	7,6	10,2	12,9	14,3	13,8	12,6	10,3	7,2	5,0

Evapotranspiração de referência (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	45,6	54,7	89,6	111,8	149,9	186,3	222,4	207,9	150,3	96,8	58,5	43,3
Évora	38,8	46,2	76,3	95,8	128,4	161,4	194,1	179,5	128,1	82,9	49,5	37,2
Beja	44,6	53,3	88,3	110,4	149,8	184,8	221,4	203,9	146,0	94,0	57,0	42,8
Alvalade	55,6	62,5	99,1	116,9	150,4	178,5	211,2	203,2	157,1	109,0	69,5	53,8

4.4 Adaptabilidade da distribuição gama aos totais de precipitação

A escolha da distribuição teórica que permita obter estimativas razoavelmente rigorosas e robustas do risco de eventos extremos deverá atender ao conjunto dos locais da região, não devendo ser efectuada local a local uma vez que este procedimento é muito sensível à variabilidade amostral (Stedinger *et al.*, 1993). Os testes de bondade de ajustamento apenas permitem avaliar a adaptabilidade de uma dada distribuição a uma dada amostra. Os diagramas de razões de momentos-L regionais são apropriados para investigar que distribuições ou famílias de distribuições são consistentes com as séries de dados disponíveis para uma região. Um diagrama de momentos-L permite comparar visualmente os estimadores amostrais das razões de momentos-L, $L-Cv (\tau_2)$, $L-Gs (\tau_3)$ e $L-Kt (\tau_4)$, com os valores teóricos da população supondo a sua distribuição conhecida. A relação entre momentos-L é única para cada distribuição e difere de distribuição para distribuição. Quando se pretende avaliar distribuições a 2 parâmetros analisa-se a relação entre o coeficiente de variação-L ($L-Cv$) e o coeficiente de assimetria-L ($L-Gs$). Para avaliar as distribuições a 3 parâmetros lognormal (LN3), Pearson III (P3), Pareto generalizada (GP3), geral de extremos (GEV) e logística generalizada (GL3) analisaram-se as relações teóricas e amostrais entre a L-curtose ($L-Kt$) e a L-assimetria ($L-Gs$) construindo os diagramas de

momentos-L usando os estimadores não enviesados de Hosking (1990, 1991), recomendados por Stedinger et al. (1993) e Hosking e Wallis (1997). Para os diagramas *L-Cv/L-Gs*, utilizaram-se as aproximações polinomiais de τ_2 em função de τ_3 derivadas por Vogel e Wilson (1996), para as distribuições a 2 parâmetros lognormal (LN2), Gama (GAM), Weibull (W2) e Pareto generalizada (GP2). Se os dados podem ser descritos por uma distribuição a 2 parâmetros espera-se que os valores observados se agrupem em torno dos valores teóricos característicos dessa distribuição. Espera-se que, para a distribuição apropriada, aproximadamente metade dos pontos se situem acima da curva teórica e metade abaixo dessa curva. Para avaliar quais as distribuições a 2 e a 3 parâmetros apropriadas para descrever os totais de precipitação observados referentes a 12 e 3 meses, para cada mês final, construíram-se diagramas de momentos-L. Apesar de a representação gráfica não ser totalmente conclusiva (exemplos nas Figuras A.1 a A.4, Anexo A), verificou-se, analisando os diagramas, que a distribuição gama, de entre as distribuições a 2 parâmetros mencionadas, é a que fornece uma melhor aproximação aos momentos-L observados nas escalas de tempo de 12 e 3 meses. Das distribuições a 3 parâmetros a distribuição geral de extremos (GEV), a distribuição lognormal (LN3) e a distribuição Pearson III (P3) parecem as mais apropriadas para descrever os totais de precipitação referentes a uma escala de 12 meses.

Para o cálculo do índice de seca SPI, principal ferramenta de análise das secas utilizada no presente estudo, adoptou-se a distribuição gama para representar o comportamento estatístico dos totais de precipitação observados, em cada mês e em cada escala de tempo utilizada (vide secção 3.2.2). Apesar de apenas se ter verificado a adaptabilidade da distribuição gama, proposta por McKee para o cálculo do SPI, nas escalas de tempo de 12 e 3 meses, resultados apresentados por vários autores (Gutmann, 1993; Vicente e Cuadrat, 2002; Lloyd-Hughes e Saunders, 2002) referentes aos EUA, ao caso particular do vale do Ebro e à Europa (35–70°N e 35°E–10°W) mostram que a distribuição Pearson III, nos EUA e no vale do Ebro, e a distribuição gama (caso particular da distribuição Pearson III, em que o parâmetro de localização é nulo), na Europa, são as que melhor se adaptam aos totais de precipitação obtidos em várias escalas temporais e que a adequação da distribuição gama é tanto maior quanto maior a escala de tempo utilizada. Os 2 parâmetros da distribuição gama, α e β , estimados pelo método da máxima verosimilhança, em todos os postos e para todos os meses, considerando escalas de tempo de 12 e de 3 meses, são apresentados nos Quadros A.19 e A.20 (Anexo A). Julgou-se adequado verificar da adaptabilidade da distribuição gama utilizando os testes de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov, de Cramer-von Mises e de Anderson-Darling, cujas estatísticas são

baseadas na função de distribuição empírica da amostra. De seguida apresentam-se resumidamente os testes utilizados e os resultados da sua aplicação para as escalas de tempo de 3 e de 12 meses.

4.4.1 Testes de ajustamento utilizados

Dada uma amostra aleatória de dimensão n , X_1, X_2, \dots, X_n sejam $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$ as estatísticas de ordem; considere-se que X tem uma distribuição contínua $F(X)$. A função de distribuição empírica, $F_n(x)$, regista, para cada valor de x , a proporção de observações inferiores ou iguais a x . $F_n(x)$ é um estimador consistente de $F(x)$; quando $n \rightarrow \infty$, $|F_n(x) - F(x)|$ decresce para zero com probabilidade igual a 1.

Uma estatística que mede a diferença entre $F_n(x)$ e $F(x)$ designa-se estatística FDE.

Sendo $F(x)$ a verdadeira distribuição de X e fazendo $Z = F(X)$, a variável aleatória Z é uniformemente distribuída entre 0 e 1. Assim, $F^*(z) = z$, $0 \leq z \leq 1$ é a função de distribuição de Z . Considere-se que uma amostra X_1, X_2, \dots, X_n dá valores $Z_i = F(X_i)$ para $i = 1, \dots, n$ e seja $F_n^*(z)$ a função de distribuição empírica dos valores Z_i .

As estatísticas FDE podem ser calculadas comparando $F_n^*(z)$ com a distribuição uniforme de Z . Para valores de z e x relacionados através de $z = F(x)$ as diferenças verticais correspondentes nos diagramas FDE para X e Z são iguais; tem-se

$$F_n(x) - F(x) = F_n^*(z) - F^*(z) = F_n^*(z) - z \quad (4.28)$$

As expressões para calcular as estatísticas FDE a partir dos valores de Z utilizam os valores de Z ordenados por ordem crescente, $Z_{(1)} < Z_{(2)} < \dots < Z_{(n)}$. Assim, tem-se:

– Kolmogorov-Smirnov

$$D^+ = \max_i \{i/n - Z_{(i)}\}; D^- = \max_i \{Z_{(i)} - (i-1)/n\}; D = \max(D^+, D^-) \quad (4.29)$$

– Cramer-von Mises

$$W^2 = \sum_i \left[Z_{(i)} - \frac{2i-1}{2n} \right]^2 + \frac{1}{12n} \quad (4.30)$$

– Anderson-Darling

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_i (2i-1) [\ln Z_{(i)} + \ln(1 - Z_{(n+1-i)})] \quad (4.31)$$

Os valores críticos para as estatísticas W^2 e A^2 , em testes de adaptabilidade da distribuição gama, para α e β desconhecidos, são fornecidos por D'Agostino e Stephens (1986). A hipótese nula de que a verdadeira distribuição é a gama a 2 parâmetros é rejeitada se a estatística do teste exceder o valor crítico, obtido para um dado nível de significância e para o valor do parâmetro de escala, $\hat{\alpha}$, estimado pelo método da máxima verosimilhança. Para a estatística D utilizaram-se os valores críticos aproximados, para distribuições totalmente especificadas indicados por D'Agostino e Stephens (1986). Embora os parâmetros tenham sido estimados a partir da amostra, não foi possível encontrar tabelas de percentis de D para avaliar a adaptabilidade da estatística à distribuição gama, pelo que se utilizaram os valores referidos.

4.4.2 Resultados obtidos

Os parâmetros de forma e de escala da distribuição gama, α e β , foram estimados pelo método da máxima verosimilhança (*vide* Secção 3.2.2), para os totais de precipitação, em todos os meses, para durações de 3 e 12 meses, nos 49 postos seleccionados na região do Alentejo. As estatísticas D , W^2 e A^2 calculadas pelas Equações 4.29, 4.30 e 4.31 para cada uma das situações, foram utilizadas para avaliar a adaptabilidade da distribuição gama aos totais de precipitação. Nestes testes adoptou-se um nível de significância de 0,05.

Nos Quadros 4.3 e A.21 (Anexo A) apresentam-se as séries de totais de precipitação em que a distribuição gama foi rejeitada pelos testes indicados anteriormente, referentes a durações de 12 e de 3 meses, respectivamente.

Para uma escala de tempo de 12 meses não se verificou nenhuma rejeição em 35 dos 49 locais considerados. Nos outros 14 locais os meses de Julho e Agosto são aqueles em que se verificou um maior número de rejeições (Quadro 4.3). Constata-se que a percentagem de rejeições dos testes Cramer-von Mises e Anderson-Darling é superior ao nível de significância de 5% nos meses de Outubro, Junho Julho e Agosto; no teste de Kolmogorov-Smirnov essa percentagem é sempre inferior a α .

Os totais de precipitação correspondendo a durações de 3 meses, em particular nos meses de Agosto, Setembro e Outubro, ajustam-se mal à distribuição gama a 2 parâmetros (Quadro A.21, Anexo A). Apenas em 2 séries (17M01 E 24H01) esta distribuição não é rejeitada, por nenhum dos testes, em nenhum dos meses.

Quadro 4.3 Séries de totais de precipitação, referentes a 12 meses, para as quais a distribuição gama é rejeitada, pelos testes de Kolmogorov–Smirnov (D), Cramer–von Mises (W^2) e Anderson–Darling (A^2), com um nível de significância de 5%

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
17M01	$W^2 A^2$		$W^2 A^2$									
19J03			$W^2 A^2$						$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	
19L01	$W^2 A^2$											
19L02				$W^2 A^2$								
19M01							$W^2 A^2$					
20L01									W^2	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
20O01												$W^2 A^2$
22J01										$W^2 A^2$	A^2	
24I01										A^2	A^2	
24J03	$W^2 A^2$							A^2	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	A^2
24N01									$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$	A^2
27G01						D	D					
27K01								$W^2 A^2$				
30H03				A^2								

Verifica-se que, de um modo geral, para escalas de tempo de 12 meses o teste de Anderson–Darling é o que apresenta uma maior potência, conduzindo a um maior número de rejeições; quando se consideram escalas de tempo de 3 meses o teste de Cramer–von Mises é o mais potente (Quadro 4.4).

Quadro 4.4 Testes de ajustamento da distribuição gama aos totais de precipitação referentes a 12 e a 3 meses: percentagem (%) de rejeições, em cada mês

		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
12 meses	D	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	W^2	6	0	4	2	0	0	2	2	8	10	8	4	4
	A^2	6	0	4	4	0	0	2	4	6	12	12	8	5
3 meses	D	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2	24	22	4
	W^2	35	4	2	6	12	0	0	0	8	6	59	67	17
	A^2	39	4	0	2	6	0	2	2	8	0	27	41	11

Atendendo a estes resultados e aos trabalhos mencionados anteriormente, adoptou-se a distribuição gama a 2 parâmetros para o cálculo do SPI, tomando com algumas reservas os valores do SPI, referentes a uma escala de tempo de 3 meses (SPI-3), em Agosto, Setembro e Outubro. Na análise das secas, como adiante se refere, a escala de tempo de 12 meses foi adoptada preferencialmente, uma vez que permite a identificação e monitorização de situações mais prolongadas de défice. A escala de tempo de 3 meses foi utilizada apenas para mostrar a evolução do índice em casos pontuais e para estimar as frequências relativas das classes de seca.

Capítulo 5. Modelação local e regional da seca

A modelação regional das secas comporta duas fases: a análise local ou pontual e a extensão dos resultados à região. Quando a região não é homogénea deverá ser dividida em sub-regiões, e a extensão dos resultados obtidos a nível local deverá ser feita separadamente para cada sub-região.

A análise regional das secas, em Portugal, tem sido efectuada recorrendo à teoria dos chorrilhos (Santos, 1981, 1983b) e mais recentemente a um modelo de distribuição de secas regionais (Henriques e Santos, 1996; Santos, 1998), o qual foi utilizado na análise de situações extremas no âmbito dos planos de bacia hidrográfica.

Para a identificação e caracterização das secas no âmbito do presente estudo escolheram-se como metodologias de análise o SPI, calculado em várias escalas temporais e a teoria dos chorrilhos. Estas duas metodologias foram aplicadas em todos os pontos de medição da precipitação considerados de interesse para a região de estudo, o Alentejo. Adicionalmente, nalguns pontos de medição em que foi possível dispor de registos de outros parâmetros climáticos, necessários à estimação da evapotranspiração de referência, foi também calculado o índice de Palmer, sendo comparados os resultados fornecidos pelos dois índices. Avaliou-se também a sensibilidade do índice de Palmer PDSI quer ao método de estimação da evapotranspiração quer à reserva utilizável do solo.

Posteriormente, os resultados obtidos, por aplicação da teoria dos chorrilhos e do SPI, em cada um dos locais de medição, foram ponderados pelas áreas de influência dos postos udométricos e procedeu-se à análise das secas em toda a região do Alentejo.

5.1 Secas locais

5.1.1 Identificação e caracterização pela teoria dos chorrilhos

A teoria dos chorrilhos, apresentada no Capítulo 3, Secção 3.2.1, foi aplicada a séries de precipitação, com o objectivo de identificar e caracterizar as secas locais. Após ensaiar vários valores adoptou-se para limiar crítico $x_c = \bar{x} - s$, sendo \bar{x} e s a média e o desvio padrão amostrais da precipitação, respectivamente, e escolheu-se o critério do intervalo simples para a identificação do início e fim da seca. Com base nestes pressupostos identificou-se o início da seca d , t_0 , e o fim da seca, t_f , e as suas principais características, anteriormente apresentadas, nomeadamente a sua duração, o défice total

acumulado D_d e a intensidade ou severidade da seca, D_d/L_d . Utilizaram-se duas escalas temporais de análise, o ano hidrológico (12 meses) e o trimestre (3 meses).

Os resultados foram obtidos com o *software* REDIM (DICA, 2000; Rossi e Cancelliere, 2003).

Os resultados pormenorizados referentes a uma escala de tempo anual (Quadro B.1, Anexo B) tomando como base o ano hidrológico, de Outubro a Setembro, foram sintetizados e apresentados no Quadro 5.1. O número total de anos secos varia entre 7, em Elvas (20O01) e Arraiolos (21J02) e 14 em Castelo de Vide (17M01). A intensidade média das secas identificadas em cada local varia entre 27 e 148 mm, em Elvas e Monchique (30F01), respectivamente.

Os anos de 1944/45, de 1982/83 e de 1998/99 são identificados como pertencentes à seca mais intensa em 15, 10 e 9 dos 49 locais estudados, respectivamente. Os anos de 1980/81 e de 1943/44 são também anos referentes à seca mais intensa em 6 locais. Verifica-se que, embora na maioria dos locais a seca mais intensa tenha duração de 1 ano, em seis dos locais prolonga-se por 2 anos, 1943/44 e 1944/45, e em dois deles, Azaruja (21K01) e Cuba (24J03), a sua duração atinge os 3 anos.

Quando se considera uma escala de tempo de 3 meses (Quadro 5.2) a adopção do limiar crítico $\bar{x} - s$ não identifica secas com duração superior a um ano, ou seja, com 4 ou mais trimestres consecutivos, excepto em 3 locais, 23E01 (Comporta), 25J02 (Beja) e 29G01 (Saboia). Na Comporta é identificada uma seca com duração de 5 trimestres, de Janeiro de 1934 a Março de 1935 e em Beja e Sabóia uma seca com 4 trimestres de duração, de Outubro de 1944 a Setembro de 1945. Existem mesmo 4 locais em que todas as secas identificadas têm duração de 1 trimestre (27E01–Cercal do Alentejo, 27K01–Algodor, 28I01–Pavia, 29G02–S.Marcos da Serra).

Em 17 postos o limiar crítico referente ao quarto trimestre do ano hidrológico (Julho a Setembro) toma o valor zero pois $\bar{x} < s$; nestes casos é impossível identificar secas neste trimestre e todas as secas têm duração inferior a 4 trimestres; apesar de nos outros 32 postos não existir esta impossibilidade apenas em 3 deles são identificadas secas de duração igual ou superior a 4 trimestres, como já foi referido.

No Alentejo, o quarto trimestre é aquele que, em média, regista menor quantidade de precipitação (Figura 2.8). Deste modo, os efeitos da ocorrência de uma seca, com alguma intensidade, no segundo e terceiro trimestres, far-se-ão sentir ainda no quarto trimestre do

ano hidrológico, mesmo que a precipitação neste trimestre seja superior ao limiar crítico adoptado, a não ser em casos excepcionais.

Quadro 5.1 Nº total de secas e de anos secos, intensidade média das secas e seca mais intensa, identificadas pela teoria dos chorrilhos numa escala de tempo anual, no período 1931/32 a 1998/99

Posto	Nº total secas	Nº anos secos	Intensidade média (mm/ano)	Seca mais intensa			
				Início	Fim	Duração (anos)	Intensidade (mm/ano)
16L03	10	11	64,87	1944/45	1944/45	1	168,27
17J01	10	11	80,92	1980/81	1980/81	1	187,09
17L02	11	12	73,51	1982/83	1982/83	1	144,23
17M01	12	14	63,27	1944/45	1944/45	1	177,37
18G01	10	11	71,37	1991/92	1991/92	1	155,47
18M01	7	8	77,31	1943/44	1944/45	2	147,67
19G02	11	13	83,48	1952/53	1952/53	1	149,81
19J03	9	11	78,21	1980/81	1980/81	1	134,55
19L01	10	11	61,83	1982/83	1982/83	1	146,49
19L02	9	10	72,71	1982/83	1982/83	1	130,05
19M01	7	11	71,62	1944/45	1944/45	1	118,70
19N01	11	13	77,37	1952/53	1952/53	1	183,05
20I01	11	12	56,45	1931/32	1931/32	1	210,12
20L01	10	13	48,87	1980/81	1980/81	1	116,39
20O01	6	7	27,33	1982/83	1982/83	1	63,61
21F01	10	12	83,09	1998/99	1998/99	1	204,44
21G02	10	12	62,02	1943/44	1944/45	2	156,29
21J02	7	7	128,05	1998/99	1998/99	1	309,22
21K01	7	10	58,34	1980/81	1982/83	3	89,55
21M01	8	9	82,36	1952/53	1952/53	1	141,27
21M02	10	12	74,51	1994/95	1994/95	1	136,87
22E01	12	13	80,74	1998/99	1998/99	1	198,06
22H01	6	10	90,22	1998/99	1998/99	1	140,56
22J01	10	12	66,11	1998/99	1998/99	1	178,49
23E01	7	9	75,56	1998/99	1998/99	1	148,11
23G01	10	11	59,11	1998/99	1998/99	1	167,27
24F01	11	13	57,36	1994/95	1994/95	1	141,72
24H01	9	10	58,18	1982/83	1982/83	1	119,79
24I01	8	9	87,75	1982/83	1982/83	1	240,30
24J03	9	13	64,14	1952/53	1954/55	3	141,59
24N01	9	12	58,28	1944/45	1944/45	1	135,73
25J02	8	10	70,70	1943/44	1944/45	2	140,12
25P01	8	10	67,60	1944/45	1944/45	1	168,37
26F01	8	11	93,30	1982/83	1982/83	1	187,63
26G01	10	12	63,46	1994/95	1994/95	1	190,36
26J01	8	11	59,69	1982/83	1982/83	1	117,93
26L01	8	11	70,38	1980/81	1980/81	1	162,56
27E01	12	13	78,85	1944/45	1944/45	1	157,87
27G01	10	12	83,76	1994/95	1994/95	1	179,40
27H01	9	10	75,81	1998/99	1998/99	1	119,66
27I01	8	10	99,90	1998/99	1998/99	1	181,84
27K01	8	8	76,03	1982/83	1982/83	1	144,49
28H01	10	12	80,95	1943/44	1944/45	2	147,39
28I01	9	10	77,14	1944/45	1944/45	1	160,50
29G01	8	10	119,14	1944/45	1944/45	1	283,15
29G02	8	10	98,84	1944/45	1944/45	1	170,76
30E01	8	9	90,91	1943/44	1944/45	2	178,92
30F01	11	12	147,58	1943/44	1944/45	2	294,87
30H03	10	12	81,22	1980/81	1980/81	1	159,98

O défice acumulado médio varia entre 18 mm (Elvas) e 49 mm (Monchique). Elvas e Monchique são também os locais onde a intensidade média é menor (16,6 mm/trim) e maior (42,9 mm/trim), respectivamente, à semelhança do que ocorre quando se considera uma escala de tempo anual.

Quadro 5.2 Nº total de secas, nº total de trimestres secos e sua repartição anual, intensidade média das secas e seca mais intensa, identificadas pela teoria dos chorrilhos numa escala de tempo trimestral, de 1931/32 a 1998/99

Posto	Nºtotal		Nºtotal				Duração (trim)		Défice acumulado(mm)		Intensidade (mm/trim)	
	Secas	Trim	1ºT	2ºT	3ºT	4ºT	média	máxima	médio	máximo	média	máxima
16L03	35	41	8	12	10	11	1,17	2	21,34	100,29	18,60	100,29
17J01	31	40	6	10	9	15	1,29	3	33,92	117,95	24,94	85,67
17L02	37	41	12	11	8	10	1,11	2	29,21	110,14	25,94	110,14
17M01	38	43	11	11	8	13	1,13	2	29,93	108,20	27,55	108,20
18G01	38	41	8	12	11	10	1,08	2	25,45	86,74	23,43	86,74
18M01	42	47	10	13	10	14	1,12	3	29,32	101,64	26,32	100,78
19G02	36	43	7	12	11	13	1,19	2	28,33	82,04	24,42	82,04
19J03	39	45	11	13	11	10	1,15	3	24,91	86,10	21,58	81,93
19L01	34	40	7	8	13	12	1,18	3	25,76	84,51	22,57	84,51
19L02	38	50	12	15	11	12	1,32	2	23,01	81,59	17,24	61,71
19M01	40	47	10	12	11	14	1,18	2	20,37	67,46	18,15	67,46
19N01	34	43	10	12	11	10	1,26	3	28,22	97,99	22,96	97,99
20I01	41	46	9	14	13	10	1,12	3	24,17	100,95	21,24	76,20
20L01	39	44	11	8	11	14	1,13	2	22,58	83,65	18,50	67,04
20O01	32	36	10	7	12	7	1,12	2	17,62	58,10	16,63	58,10
21F01	38	44	7	14	14	9	1,16	3	24,37	120,18	23,49	120,18
21G02	37	43	9	14	12	8	1,16	3	27,40	86,26	24,83	86,26
21J02	36	45	11	12	13	9	1,25	3	36,37	184,70	27,66	94,26
21K01	37	41	8	12	8	13	1,11	2	18,95	75,27	16,94	75,27
21M01	27	28	7	9	12	0	1,04	2	37,12	95,32	35,38	95,32
21M02	30	31	8	11	12	0	1,03	2	32,70	79,85	32,23	79,85
22E01	44	49	10	13	11	15	1,11	2	21,28	121,64	19,51	121,64
22H01	38	42	8	12	10	12	1,11	2	28,06	110,75	25,61	110,75
22J01	40	48	10	13	12	13	1,20	3	23,15	120,62	19,90	120,62
23E01	35	42	7	12	12	11	1,20	5	22,85	178,17	17,20	95,11
23G01	42	48	7	14	12	15	1,14	2	21,73	111,22	19,73	111,22
24F01	35	40	9	13	10	8	1,14	2	26,40	98,98	24,38	98,98
24H01	40	47	8	13	15	11	1,18	3	19,80	67,74	16,86	67,74
24I01	43	5	11	13	15	11	1,16	2	29,15	128,16	24,40	86,01
24J03	25	29	9	8	12	0	1,16	3	28,91	65,61	25,85	65,61
24N01	29	35	11	8	10	6	1,21	2	26,07	65,70	22,74	63,52
25J02	29	36	11	9	12	4	1,24	4	26,21	89,49	22,26	89,49
25P01	35	41	7	9	11	14	1,17	2	22,28	75,45	19,45	75,45
26F01	28	31	8	12	11	0	1,11	2	28,68	107,86	24,89	107,86
26G01	31	34	9	12	13	0	1,10	3	20,67	84,21	18,67	84,21
26J01	30	31	10	8	13	0	1,03	2	20,82	75,08	19,66	75,08
26L01	28	31	9	9	13	0	1,11	3	23,61	74,77	21,41	67,49
27E01	32	32	9	9	14	0	1,00	1	29,91	123,63	29,91	123,63
27G01	30	33	12	10	11	0	1,10	3	25,19	96,58	24,39	96,58
27H01	31	32	12	11	9	0	1,03	2	20,30	82,99	20,16	82,99
27I01	28	32	14	10	8	0	1,14	3	27,52	72,03	24,91	72,03
27K01	29	29	9	8	12	0	1,00	1	20,67	71,85	20,67	71,85
28H01	29	33	12	11	10	0	1,14	3	27,40	79,88	25,23	79,88
28I01	24	24	8	7	9	0	1,00	1	21,77	65,50	21,77	65,50
29G01	33	42	9	10	11	12	1,27	4	30,03	152,47	21,59	95,45
29G02	28	28	7	10	11	0	1,00	1	24,05	70,54	24,05	70,54
30E01	27	30	7	12	11	0	1,11	3	24,06	75,17	21,47	58,28
30F01	26	29	7	9	11	2	1,12	2	49,00	199,79	42,92	126,16
30H03	29	31	11	11	9	0	1,07	3	24,51	58,40	23,23	58,40

A dimensionalidade é uma das propriedades consideradas por Keyantash e Dracup (2002) na avaliação dos índices de seca. Na teoria dos chorrilhos o déficit é quantificado em unidades de volume por unidade de área (mm) e a intensidade, que resulta do quociente entre o déficit e a duração, em unidades de volume por unidade de área e por unidade de tempo (mm/ano ou mm/trim). No entanto a comparação entre locais e a avaliação do grau de severidade das secas e dos respectivos períodos de retorno torna-se difícil uma vez que estes valores não são padronizados. Outra das limitações desta metodologia é a de discretizar temporalmente a análise sem incorporar qualquer memória no processo. Esta limitação poderá eventualmente ser ultrapassada utilizando o critério dos valores acumulados (apresentado na Secção 3.2.1) ou médias móveis para a identificação das secas.

5.1.2 Identificação e caracterização pelo SPI

De acordo com o referido no Capítulo 3, Secção 3.2.2 as anomalias negativas do SPI poderão ser identificadas com situações de seca. Uma seca incipiente vem a confirmar-se quando, numa série continuamente negativa, os valores do SPI tomam valores iguais ou inferiores a -1 , os quais são classificados na categoria de seca moderada (McKee *et al.*, 1993). A estimativa, em termos médios, do período de tempo que antecede a confirmação da seca, enquanto o SPI permanece negativo mas não atinge valores inferiores a -1 , poderá servir de indicador do tempo de estabelecimento de uma seca. Depois da seca estabelecida, valores negativos superiores a -1 implicam a classificação na categoria de seca ligeira. O fim da seca é identificado apenas quando os valores de SPI se tornam positivos (McKee *et al.*, 1993).

Na classificação dos meses quanto à severidade da seca adoptou-se a classificação proposta por McKee *et al.* (1995) apresentada no Quadro 3.2. Tal como foi referido anteriormente para caracterização de uma dada seca d , recorrendo ao SPI, definem-se os seguintes itens: (a) *duração* $L(d)$ – número de meses que decorrem entre o início e fim da seca; (b) *magnitude* $D(d)$ – soma dos valores mensais do SPI durante a seca; (c) *intensidade* $I(d)$ – quociente entre a magnitude e a duração e (d) *tempo de confirmação* $T_0(d)$ – número de meses iniciais em que o SPI é negativo, antes de atingir a categoria de seca moderada.

Na identificação das secas deverá também ter-se em atenção a escala temporal de cálculo do SPI. Maiores escalas de tempo, por exemplo 12 meses, traduzem situações mais estáveis em termos de identificação, do que escalas de tempo inferiores.

Neste trabalho adoptaram-se como escalas de análise 3 e 12 meses. Uma escala de tempo de 3 meses pode permitir identificar, dentro de um período que não foi considerado seco quando se utiliza uma escala de tempo de 12 meses, situações temporárias e pouco prolongadas de défice que não poderão ser tomadas como secas e que são referidas vulgarmente, na designação anglófona, como *dry spells*. Assim, toma-se como referência o SPI calculado para uma escala de tempo de 12 meses (SPI-12), tendo em atenção, em períodos não identificados como secos, a indicação fornecida pelo SPI, calculado numa escala de tempo de 3 meses (SPI-3), particularmente nos meses de Março, Abril e Maio. Estes meses coincidem, em média, com o fim da fase de desenvolvimento vegetativo e com as fases de floração e formação do grão, nos cereais de sequeiro, fases essas em que a planta é mais sensível às carências hídricas. Essa sensibilidade pode avaliar-se através do factor de resposta da produção da cultura à água, K_y (Doorenbos e Kassam, 1979). Por exemplo na cultura do trigo K_y toma valores elevados nessas fases, podendo indicar-se, para o Alentejo, valores variando entre 4,30 e 1,25, enquanto que o valor médio do factor durante todo o ciclo cultural é de 1,05 (Rodrigues *et al.*, 2003). Por esta razão é de todo o interesse, do ponto de vista agrícola, analisar o valor do SPI nos meses referidos, considerando uma escala de tempo menor.

5.1.2.1 Distribuição de frequências do SPI, global e por meses

A distribuição dos valores mensais do SPI-12 e do SPI-3 por categorias, em todos os locais estudados, adoptando a classificação de McKee *et al.* (1995), estendida para valores positivos do índice, desde a categoria extremamente húmida (H3) até à categoria de seca extrema (S3) (Quadro 5.3) são apresentadas na Figura 5.1. Na categoria S0 foram considerados todos os valores negativos de SPI superiores a -1, estivessem ou não incluídos numa seca.

Pode observar-se (Figura 5.1) que a distribuição global do SPI-12 por classes apresenta um comportamento simétrico.

A adaptabilidade da distribuição gama, para uma escala de tempo de 12 meses, apesar de algumas rejeições principalmente nos meses de Julho e Agosto (Quadro 4.3), foi considerada globalmente aceitável. A simetria observada na distribuição de frequências é

de esperar, uma vez que o SPI, que resulta da transformação de probabilidades daquela distribuição, é uma variável normalmente distribuída, com média zero e variância unitária.

Quadro 5.3 Classificação dos valores positivos e negativos do SPI

Valores do SPI	Categoria	
$\geq 2,00$	Humidade Extrema	H3
1,50 a 1,99	Muito húmido	H2
1,00 a 1,49	Moderada/ húmido	H1
0 a 0,99	Ligeira/ húmido	H0
0 a -0,99	Seca Ligeira	S0
-1,00 a -1,49	Seca Moderada	S1
-1,50 a -1,99	Seca Severa	S2
$\leq -2,00$	Seca Extrema	S3

O mau ajustamento da distribuição gama ao totais de precipitação referentes a uma escala de tempo de 3 meses (Quadro 4.4) reflectem-se no comportamento mais assimétrico observado na distribuição de frequências do SPI-3.

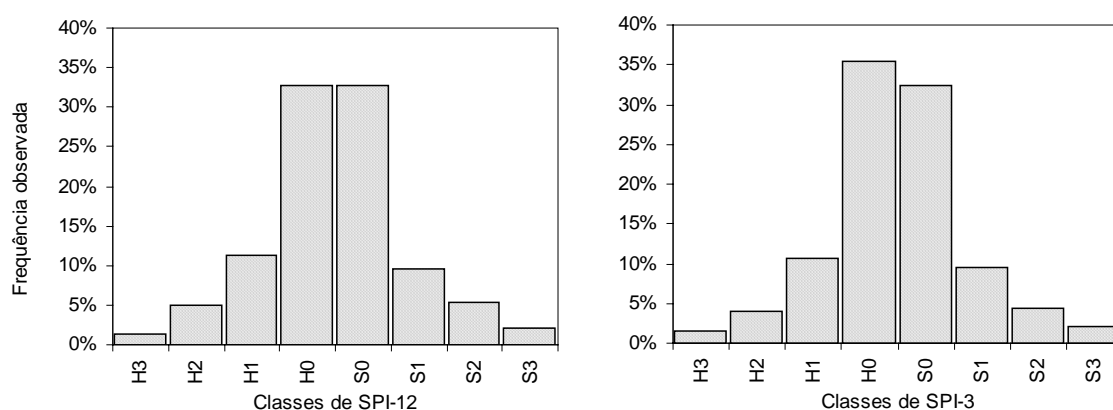


Figura 5.1 Distribuição dos valores do SPI-12 e do SPI-3 por categorias, em todos os postos, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999

Os resultados globais, respeitantes ao período analisado (Outubro de 1931 a Setembro de 1999), obtidos para as categorias de seca moderada, severa e extrema, considerando uma escala de tempo de 12 meses, foram 9,6%, 5,4% e 2,0%; para uma escala de tempo de 3 meses, a distribuição de frequências por categoria é 9,5%, 4,3% e 2,1%, respectivamente. Estes valores são concordantes com os resultados obtidos por McKee *et al.* (1995), que obteve valores de 9,2%, 4,4% e 2,3% para o tempo de permanência naquelas categorias.

A distribuição mensal dos valores do SPI-12 por categorias, considerando globalmente todas as séries (Quadro 5.4) indica, para o conjunto das categorias de seca de severidade

moderada, severa e extrema, frequências que vão dos 16,3%, no mês de Setembro, a 17,9% em Janeiro.

Quadro 5.4 Distribuição mensal (%) dos valores do SPI-12, por categorias, em todos os postos, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999

Categoria	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
H3	1,4	1,5	2,3	1,9	0,9	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0
H2	5,1	5,4	5,2	4,8	5,3	4,8	5,1	4,6	4,7	4,7	4,4	5,3
H1	10,1	9,4	8,9	11,0	11,9	11,6	12,0	12,1	12,4	12,7	12,7	11,9
H0	34,6	34,6	33,0	32,3	32,4	33,9	31,5	32,7	32,3	31,9	32,5	30,4
S0	30,9	32,7	33,6	32,2	32,0	31,8	33,5	32,8	32,7	32,6	32,2	35,1
S1	10,3	9,9	10,9	11,5	9,8	9,3	9,2	8,0	8,7	9,1	9,2	8,8
S2	5,5	3,9	4,6	5,2	5,6	4,7	5,4	6,3	6,2	6,4	6,1	5,3
S3	2,1	2,7	1,5	1,2	2,0	2,6	2,1	2,3	1,9	1,7	1,9	2,2

Ao agrupar, por mês, as frequências das categorias de seca moderada, severa e extrema identificadas pelo SPI-3, a sua distribuição (Quadro 5.5) regista o valor mínimo em Agosto (14,0%) e máximo em Janeiro (17,8%).

Quadro 5.5 Distribuição mensal (%) dos valores do SPI-3, por categorias, em todos os postos, no período de Dezembro de 1931 a Setembro de 1999

Categoria	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
H3	0,6	1,5	2,5	1,8	1,5	1,2	1,8	1,3	1,4	1,5	2,5	1,3
H2	3,7	3,9	3,3	3,7	3,4	5,0	3,9	4,7	3,7	4,8	4,3	4,1
H1	11,8	10,2	10,1	11,0	11,9	11,1	10,7	10,3	10,3	10,7	8,6	11,1
H0	39,3	36,7	34,2	34,9	33,9	33,2	34,9	35,4	37,5	33,4	34,8	36,5
S0	28,7	31,7	34,5	30,8	32,1	32,1	33,3	33,9	30,3	33,2	35,8	32,6
S1	7,2	8,8	9,0	10,5	10,7	10,8	8,2	8,0	9,5	9,8	11,0	10,9
S2	5,8	4,5	4,1	5,6	4,5	4,6	4,1	3,5	4,4	4,7	2,9	3,1
S3	2,8	2,7	2,3	1,7	2,0	2,0	3,1	2,9	2,9	2,0	0,2	0,5

A distribuição relativa de frequências dos valores do SPI pelas diferentes categorias apresenta um padrão semelhante nos diferentes meses, facto que resulta do carácter normalizado do índice.

5.1.2.2 Identificação e caracterização das secas locais

O número de secas locais identificadas pelo SPI-12 em cada posto, bem como as características médias das secas são apresentadas no Quadro 5.6. Os resultados detalhados para cada local são apresentados em anexo (Quadro B.2, Anexo B).

Verifica-se que, de um modo geral, quanto maior o número de secas identificado menor é a sua duração (Figura 5.2). Assim, a correlação negativa entre o número de secas e a respectiva duração média, traduz-se por um valor do coeficiente de correlação linear de Pearson, $r = -0,79$.

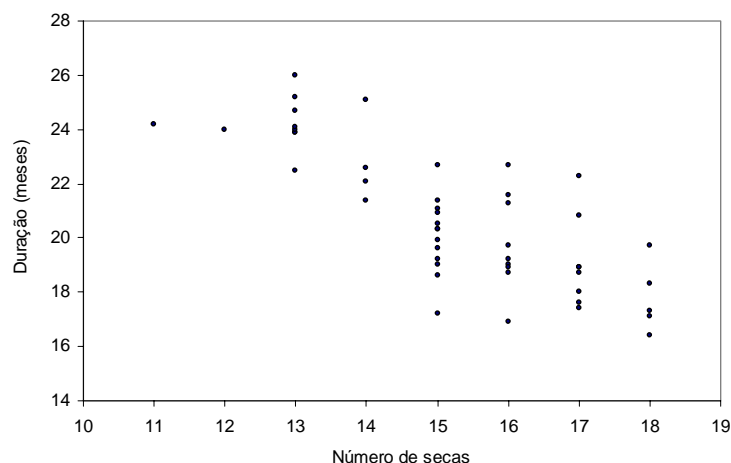


Figura 5.2 Número e duração média das secas identificadas pelo SPI-12, nos 49 postos, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999

A intensidade média das secas varia entre $-1,104$ (27E01) e $-0,822$ (27K01) verificando-se mesmo que existem 6 postos em que a intensidade média é inferior a -1 .

Em relação à distribuição dos meses que constituem uma seca, quanto à sua severidade, constata-se que uma seca é composta por um maior número de meses classificados como em seca ligeira, seguido dos meses em seca moderada e por um pequeno número de meses em seca severa e extrema. O tempo médio de confirmação da seca, um indicador importante na preparação para as secas, varia entre os 2,3 e os 7,3 meses e representa a duração de um período de seca incipiente que antecede meses com severidade moderada ou mais intensa.

As secas mais longa e mais intensa registadas em cada posto, bem como o número de secas com intensidade inferior a -1 e a fracção do tempo total a que diz respeito a sua ocorrência apresentam-se no Quadro 5.7. Existem secas extraordinariamente longas, com mais de 3 anos de duração, com intensidade superiores a -1 .

Na Figura 5.3 apresenta-se, como exemplo, a evolução temporal do SPI-12, e também do SPI-3, durante a seca mais longa identificada pelo SPI-12 em Évora (22J01). Ao comparar as duas escalas de tempo, 3 e 12 meses, verifica-se que a resposta precipitação é muito mais rápida quando se considera o SPI-3. Devido a esse facto, na escala de tempo de 3 meses a seca é interrompida várias vezes, tomando o SPI-3 valores negativos apenas em 34 dos 49 meses considerados.

Quadro 5.6 Número de secas e características médias das secas identificadas pelo SPI-12, por posto, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999

Posto	Nº.de Secas	$L(d)$	$I(d)$	Meses na categoria de severidade				$T_0(d)$
		(meses)		Extrema	Severa	Moderada	Ligeira	(meses)
16L03	16	21,3	-0,863	1,00	1,94	6,06	12,31	3,25
17J01	16	19,0	-0,934	1,44	2,38	4,50	10,69	3,19
17L02	16	18,7	-0,991	0,69	3,31	4,94	9,75	2,31
17M01	16	22,7	-0,896	0,25	2,63	6,63	13,19	4,94
18G01	16	19,2	-0,974	0,50	3,31	5,13	10,25	4,63
18M01	16	16,9	-0,894	1,11	1,56	4,22	10,00	4,11
19G02	15	18,6	-0,986	1,20	3,80	4,40	9,20	5,13
19J03	13	25,2	-0,905	1,08	2,85	7,54	13,69	3,38
19L01	17	20,8	-0,881	0,35	2,59	5,88	12,00	3,94
19L02	18	19,7	-0,882	0,72	3,06	4,56	11,33	3,78
19M01	14	22,6	-0,896	1,00	3,43	5,36	12,86	3,29
19N01	13	23,9	-0,930	1,15	3,69	6,77	12,31	4,46
20I01	15	21,1	-0,886	1,20	2,67	5,00	12,27	4,53
20L01	14	25,1	-0,942	1,00	2,93	6,29	14,86	3,79
20O01	13	26,0	-0,877	0,62	1,77	7,15	16,46	6,46
21F01	17	18,9	-0,987	0,59	3,06	5,18	10,06	2,76
21G02	18	16,4	-0,922	0,94	2,22	4,78	8,50	2,61
21J02	15	20,5	-0,986	2,00	1,53	4,53	12,40	4,73
21K01	13	23,9	-0,920	1,31	3,15	5,08	14,38	7,31
21M01	17	22,3	-0,832	0,29	2,76	4,76	14,47	5,29
21M02	14	21,4	-1,012	1,21	3,57	4,86	11,79	6,00
22E01	18	17,3	-0,947	1,22	2,83	3,50	9,78	3,22
22H01	15	19,2	-0,949	0,73	3,93	4,93	9,60	4,27
22J01	13	24,0	-0,982	0,85	3,62	6,92	12,62	5,62
23E01	17	18,0	-0,916	1,65	1,65	3,71	11,00	5,06
23G01	15	17,2	-1,046	1,60	2,67	4,13	8,80	3,53
24F01	18	17,1	-0,940	0,78	2,83	4,28	9,22	3,67
24H01	17	17,6	-0,935	1,00	2,47	4,76	9,41	3,47
24I01	18	18,3	-0,878	0,94	2,06	4,78	10,50	4,28
24J03	15	20,3	-0,930	1,47	2,53	5,73	10,60	3,53
24N01	13	24,7	-0,917	0,69	3,38	6,85	13,77	5,08
25J02	17	18,7	-0,869	1,12	1,88	4,35	11,35	4,18
25P01	15	19,0	-1,004	0,80	3,00	5,40	9,80	3,93
26F01	11	24,2	-1,090	1,27	5,64	6,09	11,18	3,45
26G01	15	20,3	-1,040	1,33	2,93	5,13	10,93	3,60
26J01	15	19,9	-0,896	1,73	2,33	5,00	10,87	5,07
26L01	15	21,4	-0,891	1,33	2,27	5,27	12,53	5,47
27E01	13	22,5	-1,104	1,31	3,46	6,38	11,31	2,38
27G01	15	19,6	-0,944	1,13	3,93	4,20	10,33	4,87
27H01	15	20,9	-0,931	0,53	4,20	4,67	11,53	4,00
27I01	17	17,4	-0,934	1,47	3,00	2,53	10,35	5,29
27K01	15	22,7	-0,822	1,53	2,33	4,60	14,20	5,47
28H01	16	19,7	-0,908	0,81	3,25	4,56	11,06	3,88
28I01	13	24,1	-0,902	1,62	3,08	4,38	15,00	2,85
29G01	12	24,0	-0,997	2,33	3,42	4,33	13,92	7,08
29G02	16	21,6	-0,870	0,81	2,94	5,25	12,56	4,94
30E01	14	22,1	-0,914	1,50	2,86	4,29	13,43	4,36
30F01	16	18,9	-0,925	0,81	3,38	4,63	10,13	3,69
30H03	17	18,9	-0,888	0,88	2,24	5,06	10,76	3,47
$L(d)$ – duração		$I(d)$ – Intensidade		$T_0(d)$ – tempo de confirmação				

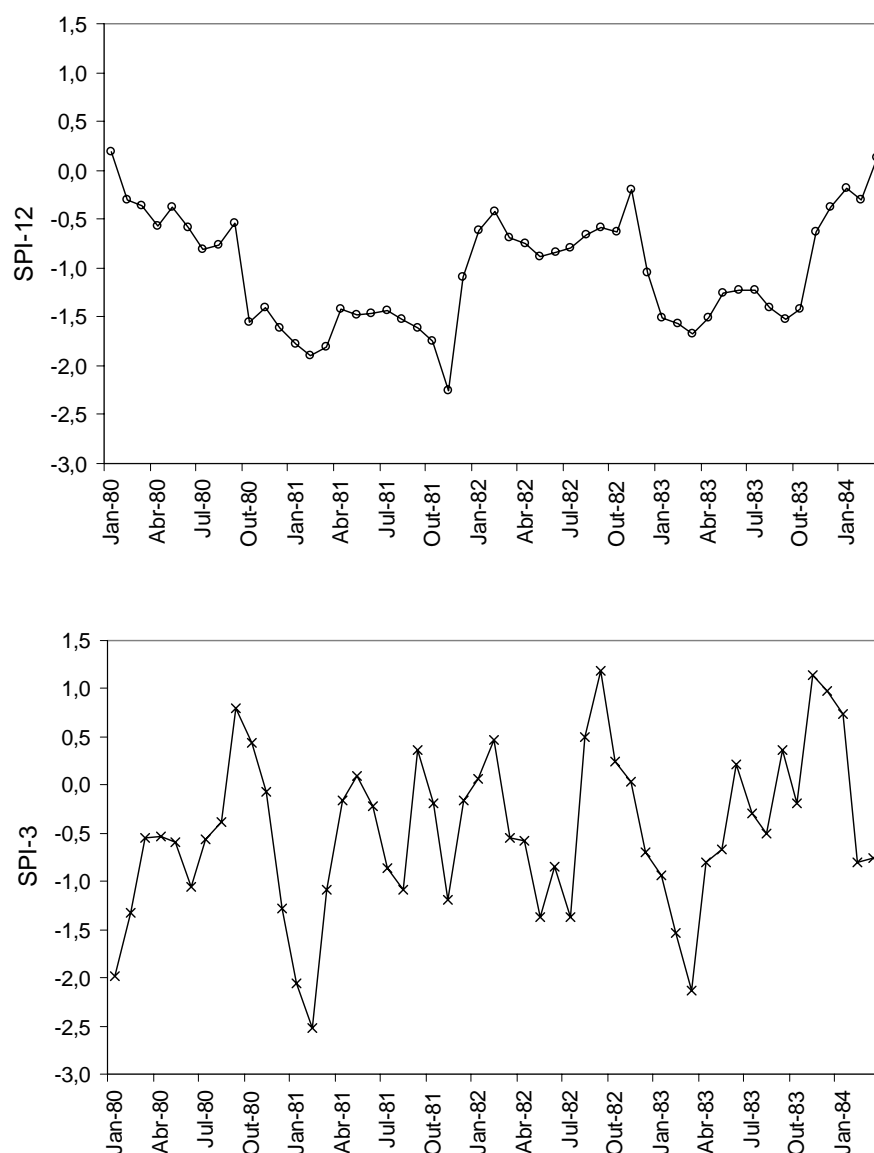


Figura 5.3 Evolução temporal do SPI-12 e do SPI-3 em Évora, durante a seca de maior duração (Fevereiro 1980 – Março 1984)

Em vários locais a seca mais intensa corresponde aos últimos meses do período analisado, sendo o mês final identificado como Setembro de 1999 (Quadro 5.7). Provavelmente essas secas não terminarão em Setembro de 1999, último mês ao qual correspondem as observações, e ter-se-ão prolongado para além desse mês. As secas mais intensas registadas, com valores de intensidade inferiores a -2 , ocorrem sempre no período de Novembro de 1998 a Setembro de 1999. Tal facto pode dever-se não só às condições de secura desse período mas também à subavaliação da duração da seca, pelos motivos atrás referidos.

Quadro 5.7 Seca mais longa, seca mais intensa e tempo e número de secas com intensidade inferior a -1, identificadas pelo SPI-12, no período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999

Posto	Seca mais longa				Seca mais intensa				Secas com $I(d) \leq -1$	
	Início	Fim	$L(d)$	$I(d)$	Início	Fim	$L(d)$	$I(d)$	Nº	Tempo (%)
16L03	Fev-73	Jan-77	47	-1,029	Fev-80	Nov-82	33	-1,152	6	24%
17J01	Nov-90	Out-93	35	-1,306	Dez-82	Dez-83	12	-1,480	8	19%
17L02	Fev-73	Dez-76	46	-0,987	Nov-98	Set-99	11	-1,556	8	19%
17M01	Abr-72	Jan-77	57	-0,992	Nov-64	Dez-65	13	-1,149	4	12%
18G01	Jan-73	Dez-76	47	-0,982	Dez-33	Jan-36	25	-1,467	9	21%
18M01	Fev-73	Nov-76	45	-0,637	Nov-43	Fev-47	39	-1,389	7	18%
19G02	Fev-73	Dez-76	46	-0,887	Dez-82	Dez-83	12	-1,582	7	18%
19J03	Abr-91	Jan-96	57	-0,985	Set-32	Jan-36	40	-1,346	4	17%
19L01	Abr-72	Dez-76	56	-0,832	Dez-82	Jan-84	13	-1,368	6	14%
19L02	Fev-73	Out-76	44	-0,665	Dez-43	Mai-46	29	-1,527	6	16%
19M01	Fev-80	Dez-83	46	-1,148	Out-91	Nov-93	25	-1,336	6	20%
19N01	Jan-73	Jan-77	48	-1,071	Nov-98	Set-99	11	-1,297	5	18%
20I01	Set-32	Fev-36	41	-0,984	Jan-44	Mai-46	28	-1,504	6	15%
20L01	Nov-70	Nov-76	72	-0,881	Jan-67	Jan-69	24	-1,500	6	14%
20O01	Abr-91	Jan-96	57	-0,968	Dez-82	Mai-84	17	-1,253	3	6%
21F01	Jan-49	Nov-51	34	-0,624	Nov-98	Set-99	11	-1,953	9	21%
21G02	Nov-52	Dez-55	37	-0,753	Jan-44	Mai-46	28	-1,714	7	16%
21J02	Abr-72	Dez-76	56	-0,857	Nov-98	Set-99	11	-2,955	5	12%
21K01	Jan-80	Fev-85	61	-1,198	Nov-98	Set-99	11	-1,888	6	20%
21M01	Fev-73	Dez-76	46	-0,686	Nov-43	Mai-46	30	-1,304	4	11%
21M02	Abr-37	Out-40	42	-1,194	Nov-98	Set-99	11	-1,364	8	23%
22E01	Set-32	Fev-36	41	-0,910	Nov-98	Set-99	11	-1,876	8	17%
22H01	Fev-80	Dez-83	46	-1,268	Nov-98	Set-99	11	-1,575	5	17%
22J01	Fev-80	Mar-84	49	-1,069	Nov-98	Set-99	11	-1,755	6	20%
23E01	Fev-80	Nov-82	33	-0,587	Jan-34	Mar-36	26	-1,963	5	11%
23G01	Mai-74	Nov-76	30	-0,527	Nov-98	Set-99	11	-1,872	8	17%
24F01	Fev-80	Dez-83	46	-1,278	Nov-98	Set-99	11	-1,628	6	15%
24H01	Fev-73	Jan-77	47	-0,984	Dez-43	Mai-46	29	-1,544	5	12%
24I01	Out-80	Jan-85	51	-1,165	Nov-98	Set-99	11	-1,444	7	22%
24J03	Jan-53	Mar-56	38	-1,765	Jan-53	Mar-56	38	-1,765	5	14%
24N01	Abr-72	Out-76	54	-0,825	Dez-90	Nov-93	35	-1,549	6	18%
25J02	Set-32	Fev-36	41	-0,942	Out-43	Mai-46	31	-1,551	5	13%
25P01	Fev-73	Set-76	43	-0,836	Nov-98	Set-99	11	-1,457	8	17%
26F01	Fev-73	Jan-84	47	-1,234	Nov-98	Set-99	11	-1,863	6	20%
26G01	Fev-80	Nov-76	45	-0,706	Nov-98	Set-99	11	-1,980	7	16%
26J01	Abr-72	Dez-75	44	-1,151	Jan-80	Nov-82	34	-1,452	7	21%
26L01	Abr-72	Out-76	54	-1,042	Dez-43	Mai-46	29	-1,382	6	23%
27E01	Out-73	Nov-76	37	-0,666	Nov-98	Set-99	11	-2,146	8	19%
27G01	Abr-91	Jan-96	57	-1,130	Nov-98	Set-99	11	-1,691	6	20%
27H01	Mar-73	Nov-76	44	-0,584	Nov-98	Set-99	11	-1,627	7	20%
27I01	Mar-73	Dez-75	33	-0,647	Nov-98	Set-99	11	-2,071	7	18%
27K01	Jan-80	Dez-87	95	-1,041	Dez-93	Dez-95	24	-1,350	5	22%
28H01	Fev-73	Set-76	43	-0,708	Dez-43	Abr-46	28	-1,515	7	21%
28I01	Dez-82	Set-86	45	-0,738	Set-32	Mar-36	42	-1,403	5	14%
29G01	Out-80	Mar-84	41	-1,303	Nov-98	Set-99	11	-1,422	6	18%
29G02	Set-32	Mar-36	42	-1,228	Jan-81	Jan-84	36	-1,313	6	17%
30E01	Out-80	Mai-84	43	-1,077	Out-43	Mar-46	29	-1,821	6	18%
30F01	Fev-80	Mar-84	49	-1,024	Nov-98	Set-99	11	-1,565	6	21%
30H03	Dez-90	Nov-93	35	-0,934	Nov-98	Set-99	11	-1,648	5	15%

$L(d)$ – duração $I(d)$ – Intensidade

Na Figura 5.4 apresenta-se a evolução temporal do SPI-12 e do SPI-3 durante a seca de maior intensidade verificada em Évora no período analisado. Durante esta seca todos os valores, quer do SPI-12 quer do SPI-3 permanecem negativos, à excepção do último mês, Setembro de 1999, em que o SPI-3 toma valores positivos. Este facto indica que a precipitação registada nos últimos 3 meses é superior ao valor esperado mas não suficientemente alta para que isso se reflecta numa subida do SPI-12, o qual depende da precipitação registada nos últimos 12 meses.

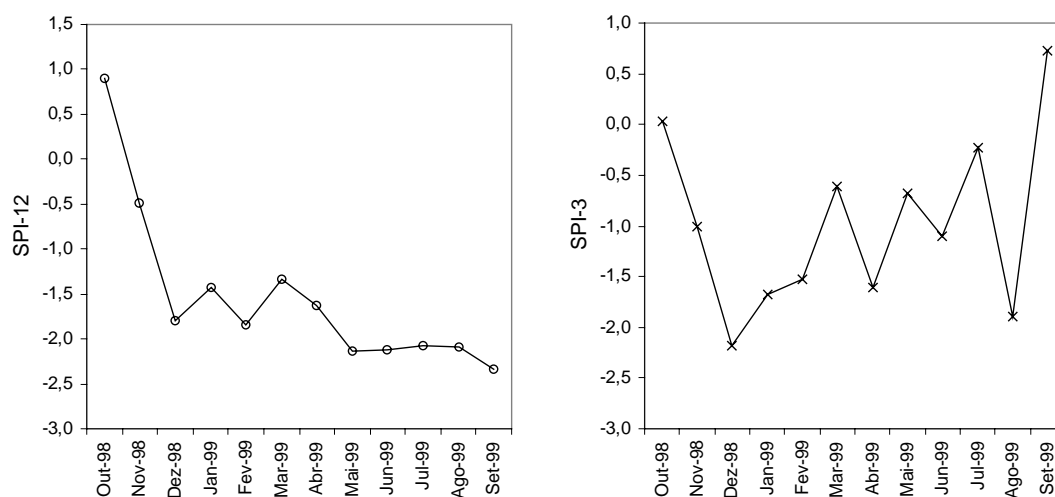


Figura 5.4 Evolução temporal do SPI-12 e do SPI-3 em Évora, durante a seca mais intensa (Novembro 1998 – Setembro 1999)

O tempo de permanência em secas com intensidade inferior a -1 , ou seja, secas cujos meses apresentam uma severidade média moderada ($-1,5 < I(d) \leq -1$), severa ($-2 < I(d) \leq -1,5$) ou extrema ($I(d) \leq -2$), é apresentado na última coluna do Quadro 5.7. O seu valor médio é de 17%, o que significa que, em média, e considerando todos os locais estudados, existem 140 meses, num total de 805 (Setembro de 1932 a Setembro de 1999), incluídos em secas com intensidade inferior a -1 .

5.1.3 Identificação e caracterização pelo Índice de Palmer

O índice de Palmer foi calculado em quatro locais, Elvas (20001), Évora (22J01), Beja (25J02) e Alvalade do Sado (26G01) no período 1965–2000. Conforme já foi referido no Capítulo 3 o seu cálculo baseia-se no balanço hídrico do solo e requer dados mensais de precipitação e de evapotranspiração potencial e valores da reserva utilizável do solo.

Nesta Secção pretende-se: a) avaliar o comportamento do índice de Palmer quando a evapotranspiração potencial obtida pela equação de Thornthwaite, usualmente utilizada no seu cálculo, é substituída pela evapotranspiração de referência estimada utilizando procedimentos alternativos (Allen et al. 1998) na ausência de parte da informação para o seu cálculo pela equação completa de Penman-Monteith; b) avaliar a sensibilidade do índice à reserva utilizável do solo; c) identificar e caracterizar as secas recorrendo ao índice de seca de Palmer (PDSI) e d) comparar os resultados obtidos com o índice de Palmer e com o SPI em várias escalas de tempo.

5.1.3.1 Evapotranspiração Potencial de Thornthwaite versus Evapotranspiração de Referência FAO Penman-Monteith

A evapotranspiração é geralmente calculada a partir de dados meteorológicos e várias equações empíricas e semi-empíricas foram desenvolvidas com esse objectivo. No cálculo do PDSI (Palmer, 1965) a evapotranspiração potencial é estimada pelo método de Thornthwaite recorrendo à temperatura média mensal. Nesta secção propõe-se a substituição do método de Thornthwaite pelo método recomendado pela FAO para o cálculo da evapotranspiração de referência (Allen *et al.*, 1998; Pereira e Allen, 1999) no cálculo do PDSI. Deste modo, as séries do índice de Palmer foram calculadas utilizando a evapotranspiração estimada pelos dois métodos e compararam-se os resultados obtidos.

Apresentam-se de seguida os dois métodos de cálculo e posteriormente comparam-se os resultados, quer em termos de valores da evapotranspiração quer do PDSI resultante. A apresentação do método de Thornthwaite de forma mais detalhada resulta, não da sua importância intrínseca, mas do facto de ter sido necessário programar o seu cálculo. Para a obtenção da evapotranspiração pelos procedimentos alternativos à equação de Penman-Monteith, recomendados pela FAO em situações de carência ou de má qualidade dos dados climáticos (adiante designada por evapotranspiração FAO Penman-Monteith) utilizou-se o modelo EVAP56, desenvolvido no DER/ISA.

Pelo método de Thornthwaite, a evapotranspiração potencial a uma determinada latitude, ETP_{φ} , é estimada em função da duração do dia (D), da temperatura média do mês em causa (T) e do índice de calor anual (I). Deste modo, tem-se:

$$i_j = \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad (5.1)$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (5.2)$$

onde

i_j Índice de calor mensal

T_j temperatura média no mês j , $j = 1, \dots, 12$ [°C]

I índice de calor anual

A evapotranspiração potencial no equador num dado mês em cm/mês, ETP_0 , dada por

$$ETP_0 = 1,6 \left(\frac{10 T}{I} \right)^a \quad (5.3)$$

$$a = 0,49 + 0,0179 I - 0,0000771 I^2 + 0,000000675 I^3 \quad (5.4)$$

com

T temperatura média no mês considerado [°C]

é transformada na evapotranspiração potencial à latitude φ , ETP_φ estimada por

$$ETP_\varphi = k ETP_0$$

onde a proporção da duração do dia em relação ao equador, k é obtida por

$$k = \frac{D}{12} \quad (5.5)$$

sendo D representa a duração do dia (horas) no mês considerado, calculada para o dia 15 de cada mês pela equação

$$D = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (5.6)$$

com

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (5.7)$$

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (5.8)$$

com

ω_s ângulo de incidência da luz ao pôr do sol [rad]

φ latitude [rad]

δ declinação solar [rad]

J dia juliano.

A equação FAO Penman–Monteith para o cálculo da evapotranspiração de referência é definida por (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004b):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (5.9)$$

onde:

ET_o evapotranspiração de referência [mm dia^{-1}]

R_n radiação líquida à superfície da cultura [$\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$]

G densidade do fluxo de calor do solo [$\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$]

T temperatura média do ar a 2 m de altura [$^{\circ}\text{C}$]

U_2 velocidade do vento a 2 m de altura [m s^{-1}]

$(e_s - e_a)$ défice da pressão de vapor medido a 2 m de altura [kPa]

Δ declive da curva de pressão de vapor [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]

γ constante psicrométrica [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]

900 coeficiente para a cultura de referência [$\text{kJ}^{-1} \text{kg K}$]

0,34 coeficiente de vento para a cultura de referência [$\text{kJ}^{-1} \text{kg K}$]

0,408 valor para $1/\lambda$, com $\lambda = 2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$

sendo λ o calor latente de vaporização.

No Quadro 5.8 apresentam-se os valores médios mensais da evapotranspiração calculada pelos dois métodos referidos, em 1965–2000 nos quatro locais. Consta-se que a diferença relativa entre os dois métodos é menor no Verão.

Quadro 5.8 Evapotranspiração média mensal (1965–2000) calculada pelos métodos da FAO Penman–Monteith e de Thornthwaite em Elvas, Évora, Beja e Alvalade

Meses	Evapotranspiração média mensal (mm) resultantes dos 2 métodos							
	Elvas		Évora		Beja		Alvalade	
	FAO	Thornth	FAO	Thornth	FAO	Thornth	FAO	Thornth
Janeiro	45,6	17,0	38,8	20,5	44,6	20,5	55,6	21,6
Fevereiro	56,0	22,0	47,3	24,3	54,6	24,3	63,9	26,2
Março	89,6	37,1	76,3	39,0	88,3	38,7	99,1	39,7
Abril	111,8	50,5	95,8	49,2	110,4	49,8	116,9	52,0
Maio	149,9	80,6	128,4	75,3	149,8	77,2	150,4	79,1
Junho	186,3	117,9	161,4	106,6	184,8	110,6	178,5	107,0
Julho	222,4	151,7	194,1	136,0	221,4	141,4	211,2	130,0
Agosto	207,9	138,6	179,5	126,8	203,9	132,4	203,2	120,3
Setembro	150,3	100,5	128,1	96,1	146,0	99,7	157,1	92,3
Outubro	96,8	62,2	82,9	62,2	94,0	64,4	109,0	62,8
Novembro	58,5	31,3	49,5	34,1	57,0	34,7	69,5	35,6
Dezembro	43,3	19,0	37,2	22,7	42,8	22,7	53,8	24,2

De acordo com o esperado, verifica-se que os valores de evapotranspiração resultantes da equação proposta pela FAO são sistematicamente mais elevados que os valores obtidos pelo método de Thornthwaite (Figura 5.5).

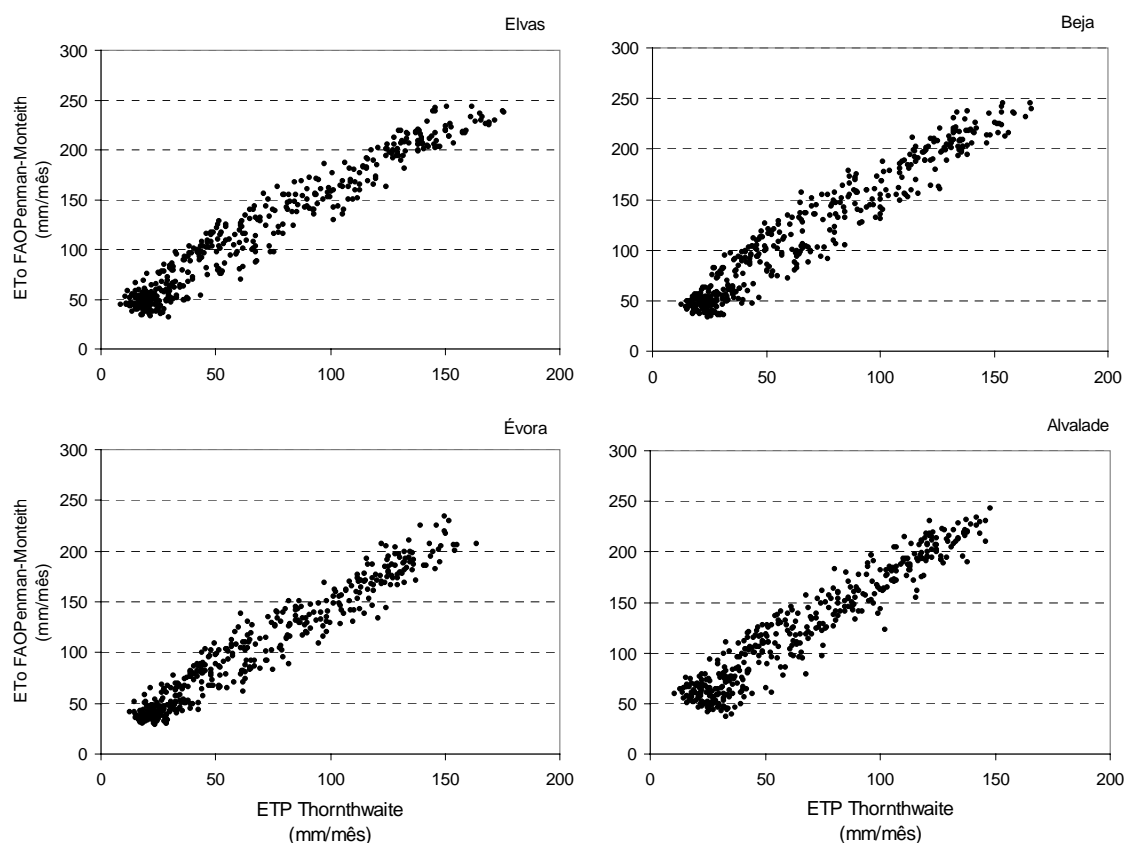


Figura 5.5 Relação entre ETP-Thornthwaite e ETP-FAO mensal em Elvas, Évora, Beja e Alvalade

O índice de Palmer obtido com a ETP de Thornthwaite e $TAW = 150 \text{ mm}$ revela uma maior frequência de meses no conjunto das categorias de seca severa/extrema (Quadro 5.9). Para as outras categorias de seca não se detecta nenhum padrão sistemático. No entanto, ao considerar a categoria de Não-seca, resultante da fusão das categorias húmidas e normal, esta apresenta uma maior frequência para o índice calculado com a evapotranspiração de Thornthwaite em todos os locais com excepção de Évora.

As séries do PDSI calculadas nos quatro locais para uma reserva utilizável do solo de 150 mm e para os dois métodos de estimação da evapotranspiração são apresentadas na Figura 5.6.

Pode concluir-se que valores muito distintos de evapotranspiração não se reflectem de forma evidente no valor do índice de Palmer apesar de este ser sensível ao método de cálculo da evapotranspiração (Figuras 5.5 e 5.6). Supõe-se que tal facto se deve não só ao cálculo da precipitação CAFEC (Capítulo 3, Secção 3.2.3.3) a qual deriva do balanço hídrico do solo e depende, em certa medida, dos coeficientes climáticos, mas também ao algoritmo de cálculo do índice de Palmer a partir do índice de anomalia de humidade.

Quadro 5.9 Distribuição, por categorias, do índice de Palmer calculado com evapotranspiração FAO Penman–Monteith e Thornthwaite em Elvas, Évora, Beja e Alvalade, para $TAW = 150$

Distribuição (%) do PDSI por categorias de acordo com o método de cálculo da evapotranspiração para $TAW = 150$ mm								
Categorias do PDSI	Locais							
	Elvas		Évora		Beja		Alvalade	
	FAO	Thornth	FAO	Thornth	FAO	Thornth	FAO	Thornth
Extremamente húmida	3,9	1,4	2,3	2,5	1,9	1,2	2,1	0,5
Muito húmida	4,2	5,8	6,9	4,6	6,3	5,1	5,3	4,9
Moderadamente húmida	11,8	9,5	10,0	13,0	13,4	10,0	10,2	14,6
Ligeiramente húmida	13,7	16,7	13,9	13,4	11,8	17,1	16,2	16,7
Normal	23,1	28,0	26,4	25,2	28,7	30,8	26,6	30,6
Não-seca	56,7	61,3	59,5	58,8	62,0	64,1	60,4	67,1
Seca ligeira	21,8	17,1	21,3	24,5	21,8	20,6	19,2	16,9
Seca moderada	14,6	13,0	13,0	10,2	9,3	6,9	12,7	8,1
Seca severa	5,6	6,3	5,3	5,8	4,9	5,3	4,2	3,2
Seca extrema	1,4	2,3	0,9	0,7	2,1	3,0	3,5	4,6

Para ilustrar este facto apresentam-se no Quadro 5.10 os coeficientes climáticos mensais da evapotranspiração em Elvas, Évora, Beja e Alvalade. Pode observar-se que, ao contrário dos valores médios mensais da evapotranspiração (Quadro 5.8), os coeficientes climáticos mensais α_j são mais elevados para ET–Thornthwaite do que para ET FAO Penman–Monteith.

Quadro 5.10 Coeficientes climáticos mensais (α_j) da evapotranspiração FAO Penman–Monteith e Thornthwaite em Elvas, Évora, Beja e Alvalade

Coeficientes climáticos mensais para a evapotranspiração calculada pelos 2 métodos								
Meses	Elvas		Évora		Beja		Alvalade	
	FAO	Thornth	FAO	Thornth	FAO	Thornth	FAO	Thornth
Janeiro	0,831	0,986	0,902	0,984	0,877	0,988	0,787	0,979
Fevereiro	0,827	0,992	0,908	0,994	0,870	0,987	0,787	0,973
Março	0,704	0,948	0,832	0,970	0,774	0,954	0,642	0,916
Abril	0,657	0,902	0,803	0,965	0,728	0,951	0,636	0,904
Maio	0,445	0,856	0,646	0,895	0,494	0,857	0,412	0,824
Junho	0,169	0,631	0,297	0,691	0,183	0,668	0,108	0,573
Julho	0,023	0,226	0,075	0,344	0,015	0,267	0,013	0,223
Agosto	0,014	0,034	0,034	0,094	0,018	0,050	0,009	0,045
Setembro	0,174	0,262	0,228	0,316	0,160	0,232	0,144	0,251
Outubro	0,491	0,642	0,571	0,654	0,540	0,648	0,480	0,641
Novembro	0,766	0,870	0,810	0,862	0,764	0,896	0,720	0,877
Dezembro	0,829	0,994	0,897	0,996	0,858	0,991	0,797	0,997

Para concluir, adoptou-se para o cálculo do PDSI a evapotranspiração de referência (ET_o) obtida pelo método recomendado pela FAO, WMO e ICID (Allen *et al.*, 1998).

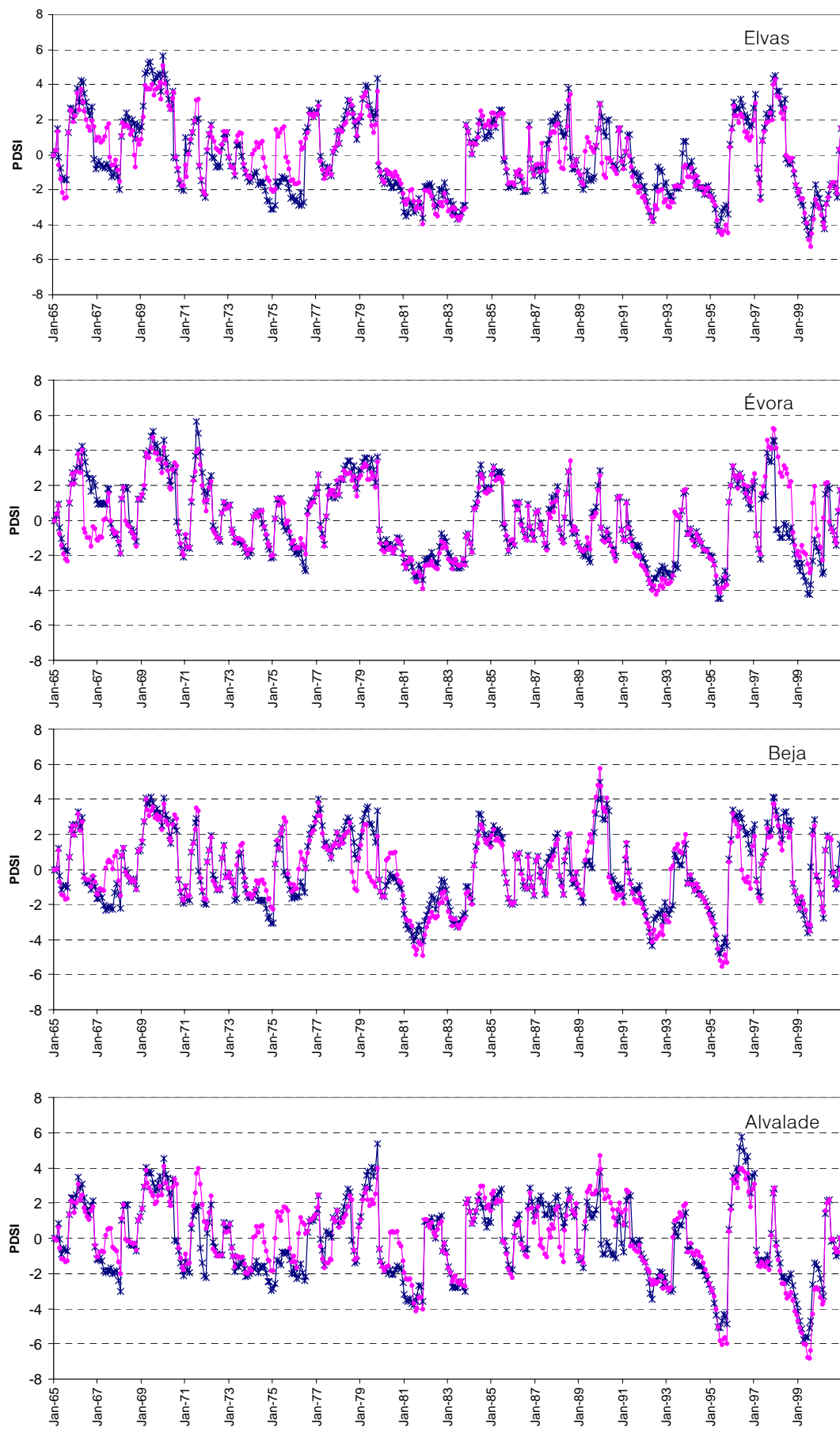


Figura 5.6 PDSI com ETP-Thornthwaite (●) e ETP-FAO (x) em Elvas, Évora, Beja e Alvalade

5.1.3.2 Sensibilidade do Índice de Palmer (PDSI) à reserva útil do solo

A quantidade de *água disponível total* no solo (*TAW*) corresponde ao máximo volume de água que um dado solo pode disponibilizar para as plantas (Allen *et al.*, 1998, Pereira, 2004b). Depois de uma chuvada ou rega abundante o solo sofre um processo de drenagem, até atingir a capacidade de campo. A capacidade de campo é a quantidade de água que um solo bem drenado pode reter, contra as forças gravitacionais. Na ausência de fornecimento e à medida que a água vai sendo extraída pelas plantas, a água remanescente é retida pelas partículas de solo com força crescente dificultando cada vez mais o prosseguimento da extracção. Quando se atinge um ponto em que a planta não consegue extrair mais água foi atingido o coeficiente de emurchecimento. Assim, *TAW* é a diferença entre o conteúdo em água à capacidade de campo e no coeficiente de emurchecimento, sendo obtida por:

$$TAW = 1000 (\theta_{FC} - \theta_{WP}) Z_r \quad (5.1)$$

onde

TAW reserva utilizável na zona das raízes [mm]

θ_{FC} teor de água do solo à capacidade de campo [m^3m^{-3}]

θ_{WP} teor de água do solo no coeficiente de emurchecimento [m^3m^{-3}]

Z_r profundidade das raízes [m]

O valor de *TAW* depende do tipo de solo e da profundidade considerada. De acordo com as definições anteriormente apresentadas, *TAW*, por vezes também designado por *reserva utilizável*, é um parâmetro físico do solo que apenas pode ser obtido por via experimental, recolhendo localmente amostras não perturbadas a várias profundidades e que apresenta elevada variabilidade espacial. Para efeitos de balanço hídrico, quando não existem determinações analíticas de *TAW* e para obviar o seu desconhecimento, é frequente utilizar valores médios de θ_{FC} , de θ_{WP} e de *TAW* de acordo com a classe textural do solo em causa. Os valores indicativos mínimo e máximo de *TAW* são 60 e 220 mm/m, para solos de textura arenosa e limosa, respectivamente (Pereira, 2004b).

Para avaliar o efeito da reserva utilizável do solo sobre as frequências observadas nas categorias de seca consideradas, o PDSI foi simulado com valores de *TAW* de 100, 150, 200 e 250 mm. Apesar de o objectivo principal ser considerar o efeito de diferentes valores de *TAW* na classificação dos meses secos, optou-se por estudar a distribuição dos valores de PDSI em 9 categorias agrupando as 3 categorias “Humidade incipiente”, “Quase

Normal” e “Seca incipiente” na classe “Normal” (Quadro 5.11) tal como foi feito anteriormente (Quadro 5.9).

Quadro 5.11 Categorias atribuídas ao PDSI para analisar o efeito de *TAW*

Valores de PDSI	Categorias de Palmer	Categorias atribuídas
$\leq -4,00$	Seca extrema	D3
-3,99 a -3,00	Seca severa	D2
-2,99 a -2,00	Seca moderada	D1
-1,99 a -1,00	Seca ligeira	D0
-0,99 a 0,99	Normal	N
1,00 a 1,99	Ligeiramente húmida	W0
2,00 a 2,99	Moderadamente húmida	W1
3,00 a 3,99	Muito húmida	W2
$\geq 4,00$	Extremamente húmida	W3

A simulação efectuada permite concluir que, para as mesmas condições climáticas, reservas utilizáveis mais elevadas conduzem a frequências mais elevadas de secas severas e extremas e simultaneamente de meses mais húmidos (Quadro 5.12 e Figura 5.7).

Quadro 5.12 Distribuição do PDSI (%) por categorias para diferentes valores de *TAW* em 4 locais

Categorias do PDSI	<i>TAW</i>				<i>TAW</i>			
	250mm	200mm	150mm	100mm	250mm	200mm	150mm	100mm
	Elvas				Évora			
W3	7,4	5,1	3,9	2,3	4,9	3,7	2,3	2,1
W2	6,5	6,5	4,2	3,9	10,4	9,0	6,9	5,3
W1	9,3	10,6	11,8	10,2	8,1	10,0	10,0	11,1
W0	11,3	14,4	13,7	13,9	10,4	12,3	13,9	12,3
N	19,2	18,1	23,1	28,2	22,5	24,3	26,4	26,2
D0	18,8	20,4	21,8	23,6	19,9	20,1	21,3	26,9
D1	14,8	15,7	14,6	12,5	12,5	12,0	13,0	13,4
D2	9,5	7,6	5,6	5,1	8,8	7,4	5,3	2,5
D3	3,2	1,6	1,4	0,2	2,5	1,2	0,9	0,2
	Beja				Alvalade			
W3	5,6	2,5	1,9	1,2	6,9	4,2	2,1	1,2
W2	9,0	9,7	6,3	3,7	6,0	6,9	5,3	4,2
W1	11,1	10,6	13,4	13,0	11,8	9,5	10,2	10,9
W0	10,6	10,6	11,8	12,7	13,0	18,8	16,2	16,4
N	17,8	24,5	28,7	34,0	16,4	20,6	26,6	25,7
D0	24,8	22,7	21,8	22,0	18,8	15,3	19,2	23,8
D1	10,9	10,4	9,3	8,3	13,2	14,6	12,7	11,3
D2	6,9	6,0	4,9	4,2	9,5	6,3	4,2	3,2
D3	3,2	2,8	2,1	0,9	4,4	3,9	3,5	3,2

Estes resultados, no que diz respeito à frequência de eventos mais secos, parecem contrariar o senso comum. Esperar-se-ia que maiores capacidades de armazenamento do solo originassem menores frequências de secas mais severas. No entanto vêm confirmar os resultados de simulações efectuadas por Palmer que obteve, para valores de *TAW* de 50, 100 e 200 mm valores mínimos de PDSI de -3,45, -4,51 e -6,17, respectivamente e serão, eventualmente, uma das fraquezas do índice (Palmer, 1965). Valores muito baixos de *TAW*

limitam a capacidade do método para evidenciar maiores desvios da normal. Um baixo valor de *TAW* encurta a memória do processo pois diminui a capacidade de levar em conta convenientemente o clima em meses anteriores. Quer para eventos muito secos quer muito húmidos o modelo torna-se incapaz de considerar devidamente o clima passado e perde-se parte da base para estimar a quantidade de precipitação necessária. Todas as estimativas se vão situar perto da precipitação média, independentemente do estado de secura ou excesso de água no passado recente.

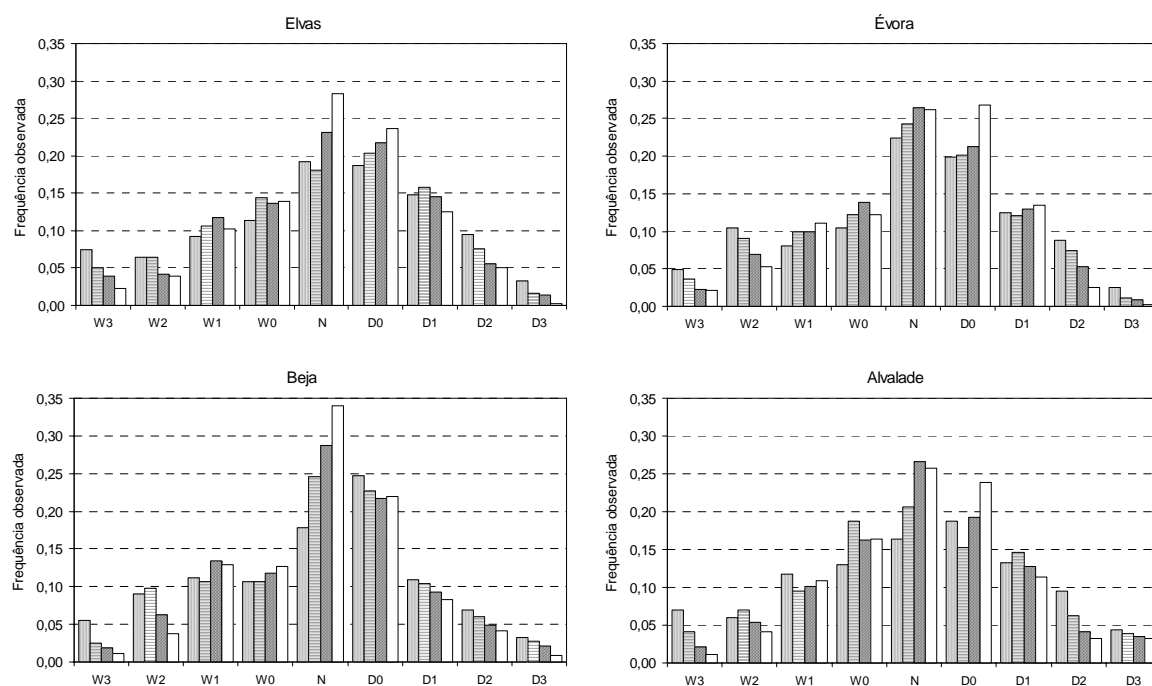


Figura 5.7 Distribuição do PDSI por categorias para *TAW* de 250 (▨), 200 (▤), 150 (▥) e 100 (□) mm em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado, no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000

Os valores máximos e mínimos de PDSI variam consoante o valor de água total disponível e revelam uma tendência de serem tanto mais extremos quanto maior o valor de *TAW* (Quadro 5.13); no entanto, as respectivas datas de ocorrência por vezes são coincidentes. Por exemplo em Beja, os valores mínimos de PDSI obtidos nas simulações, para *TAW* igual a 100, 150, 200 e 250 mm, ocorrem sempre em Junho de 1995.

Na Figura 5.8 apresenta-se a evolução temporal do PDSI estimado para *TAW* igual a 250 e a 100 mm, em Beja e Elvas, no período analisado (Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000). Escolheram-se os valores extremos de *TAW* para evidenciar as diferenças. Verifica-se que são atingidos valores absolutos mais elevados do PDSI para uma reserva utilizável de 250 mm e que por vezes a diferença entre o PDSI-250 e o PDSI-100 é elevada. Por exemplo

em Outubro de 1978, o PDSI-250 é igual a 2,23 e o PDSI-100 é igual a -1,22 em Beja e a 2,78 e -0,67 em Elvas.

Quadro 5.13 PDSI: valores máximos e mínimos estimados e respectivas datas, para *TAW* igual a 250, 200, 150 e 100 mm, em Elvas, Évora, Beja e Alvalade

Local		Água total disponível (<i>TAW</i>)			
		250 mm	200 mm	150mm	100 mm
Elvas	Mínimo	-4,8441	-4,7446	-4,5483	-4,1969
	Data	Mai-95	Jun-99	Jun-99	Jun-99
	Máximo	6,4527	6,1679	5,6555	4,9751
	Data	Jan-70	Jan-70	Jan-70	Jan-70
Évora	Mínimo	-4,8982	-4,6648	-4,4485	-4,1475
	Data	Jul-99	Jul-99	Mai-95	Mai-95
	Máximo	5,5977	5,4578	5,6172	5,2391
	Data	Jul-69	Jul-69	Jul-71	Jul-71
Beja	Mínimo	-5,1104	-5,0297	-4,8152	-4,4337
	Data	Jun-95	Jun-95	Jun-95	Jun-95
	Máximo	5,1503	5,1343	4,9744	4,8452
	Data	Dez-89	Dez-89	Dez-89	Dez-89
Alvalade	Mínimo	-5,8191	-5,8913	-5,7844	-5,6988
	Data	Jun-99	Jun-99	Abr-99	Abr-99
	Máximo	6,5319	6,4288	5,736	5,1629
	Data	Jun-96	Jun-96	Jun-96	Out-79

A sensibilidade do PDSI a *TAW* manifesta-se principalmente na tendência para sobreavaliar as situações extremas para valores mais elevados de *TAW*.

Considera-se que, para efeitos do estudo da seca e para permitir comparabilidade entre locais, se pode adoptar para a reserva utilizável um valor médio representativo da área em estudo. Pimenta e Cristo (1998) calcularam o índice de Palmer para o território português, no período de 1941-1992, considerando um valor médio de *TAW*=150 mm. No plano de bacia do Guadiana (Ministério do Ambiente, 2000) e a propósito da análise de situações extremas, o trigo foi escolhido como cultura típica de sequeiro e a sua quebra de produtividade foi estimada através de um modelo que se baseia no balanço hídrico do solo, o qual se admite ter, em média, uma profundidade de 1,10 m e uma capacidade utilizável de 100 mm/m. Deste modo e tendo em atenção os resultados das simulações para diferentes valores de *TAW*, considerou-se uma reserva utilizável média de 150 mm, relativa a uma profundidade de 1,5 m e a uma capacidade utilizável de 100 mm/m, quer para a identificação das secas pelo PDSI quer para futuras comparações com o SPI e com a teoria dos chorrilhos.

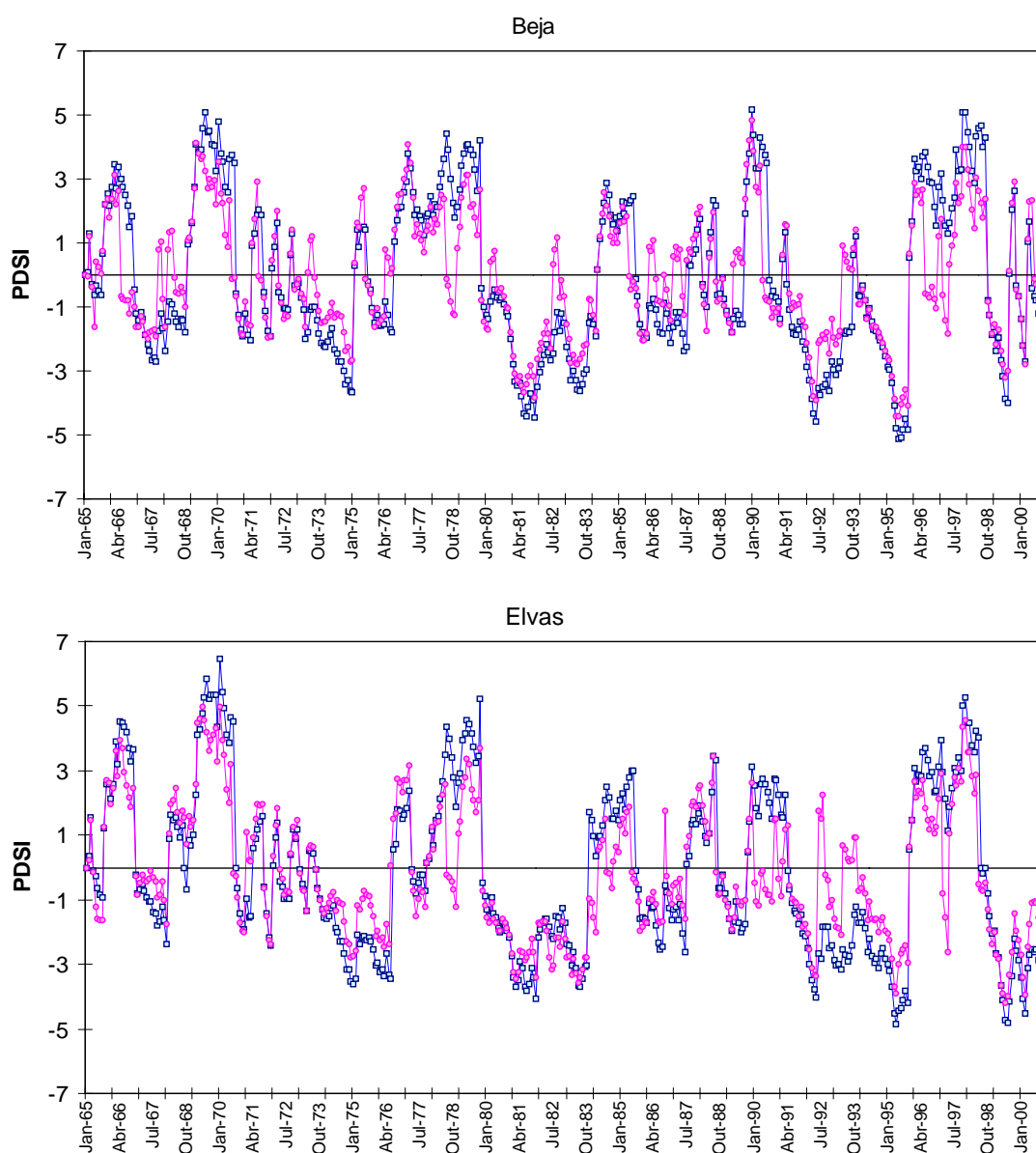


Figura 5.8 Evolução temporal do PDSI para *TAW* de 250 mm (□) e 100 mm (●) em Beja e Elvas no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000

5.1.3.3 Identificação das secas e sua caracterização através do índice de seca de Palmer *PDSI*

Constata-se que no último decénio do período analisado, 1990–2000, foram atingidos os valores mais baixos do índice de Palmer em todos os locais (Figura 5.9). A evolução temporal do PDSI apresenta um padrão semelhante nos quatro locais; no entanto os valores mais baixos do índice registam-se em Alvalade, também no período mencionado. Apresenta-se também a evolução temporal do índice de Palmer ponderado (WPDSI) no mesmo período (Figura 5.10). Estes dois índices apresentam muitas vezes valores

coincidentes; apenas em situações em que existe possibilidade de alteração retroactiva do valor do índice é que o PDSI e o WPDSI assumem valores distintos.

Na identificação das secas pelo PDSI consideram-se meses secos apenas aqueles em que o índice toma valores inferiores a -1 , sendo estes classificados de acordo com as categorias referidas no Quadro 3.5 uma vez que a classificação de seca incipiente, em que a seca ainda não está claramente estabelecida, corresponde a $-0,5 \leq \text{PDSI} < -1,0$. O fim do período seco é identificado quando o PDSI se torna superior a -1 . Períodos secos com duração inferior a três meses também não foram considerados. Os resultados apresentados no Quadro 5.14, onde se identificam e caracterizam os períodos secos observados nos quatro locais estudados, obedecem a estas premissas. O início do período seco por vezes é assinalado com um asterisco (*); isso acontece quando o período seco tem duração não superior a 6 meses e no máximo 1 mês com grau de severidade superior a seca ligeira. Estes eventos corresponderão à designação de *dry spell* devido à sua curta duração e fraca intensidade; deverão no entanto ser tomados em consideração quando antecederem ou sucederem imediatamente a períodos de seca mais intensa.

No decénio 1990–2000 identificaram-se quatro secas em Elvas, Évora e Alvalade e seis secas em Beja. Neste último local a seca iniciada em Junho de 1991, com uma duração de 4 meses, é apenas interrompida um mês, Outubro de 1991, continuando de Novembro de 1991 a Abril de 1993. Apesar de esta última ser identificada separadamente deverá considerar-se uma continuação da seca anterior, uma vez que o PDSI obtido em Outubro de 1991, $-0,92$, não chega a atingir valores positivos. Em Elvas também a seca iniciada em Outubro de 1973, e com uma duração de 6 meses é apenas interrompida um mês, em Abril de 1974 ($\text{PDSI} = -0,999$), continuando depois até Junho de 1976 e a seca iniciada em Junho de 1989 será também a continuação da seca anterior, uma vez que no mês anterior se obteve $\text{PDSI} = -0,913$. O mesmo se passa em Évora no período de Dezembro de 1979 a Agosto de 1982 em que existe um mês, Setembro de 1980, em que o PDSI atinge o valor máximo de $-0,955$.

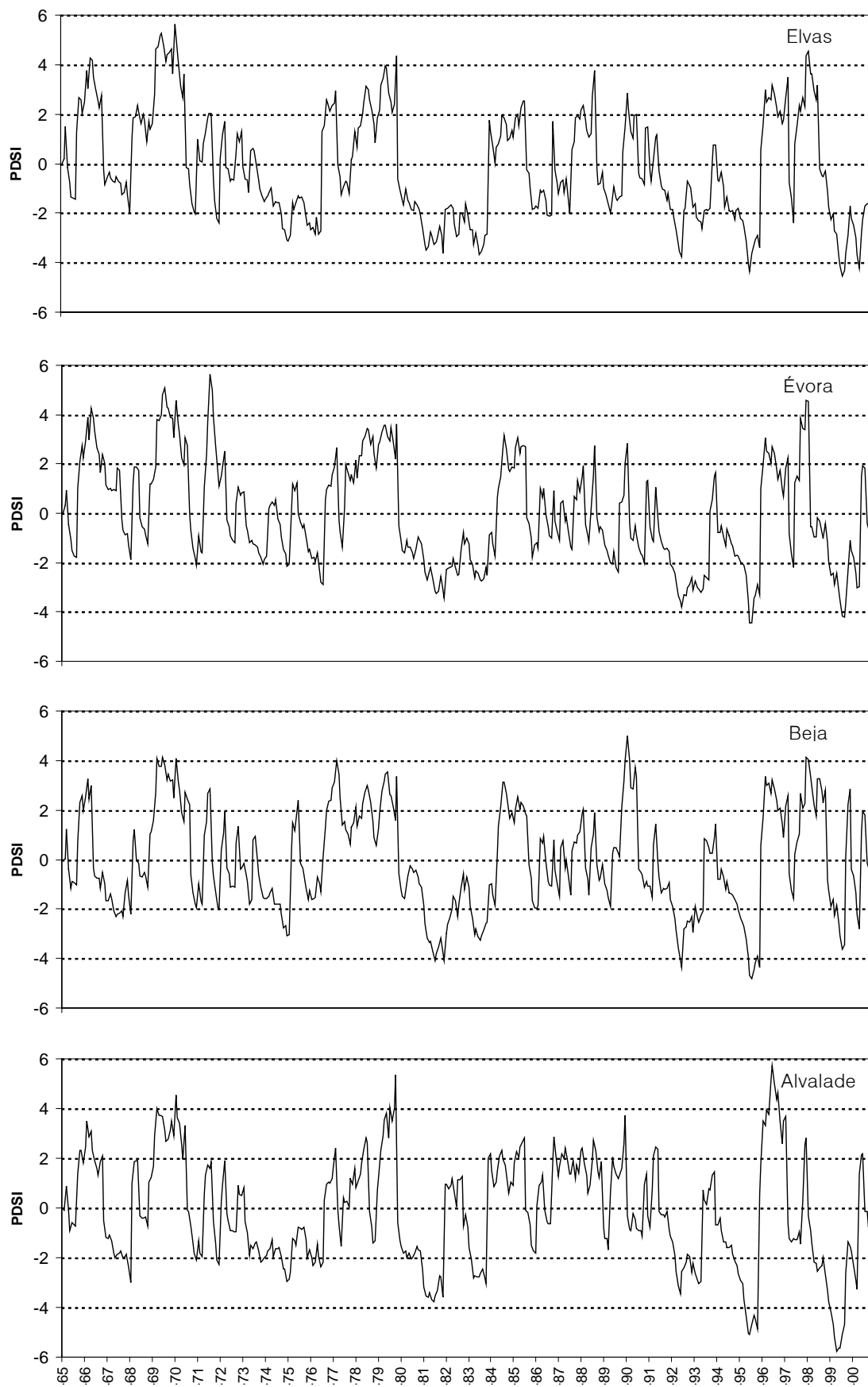


Figura 5.9 Evolução temporal do PDSI para $TAW=150$ mm e ET_o FAO Penman-Monteith em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000

Quadro 5.14 Identificação e caracterização das secas pelo PDSI, para *TAW* igual a 150 mm e *ETo* FAO-Penman-Monteith, em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período 1965–2000

Local	Início	Fim	Duração (meses)	Magnitude	Intensidade	Número de meses em seca		
						Moderada	Severa	Extrema
Elvas	*Jun-65	Set-65	3	-4,150	-1,383	0	0	0
	*Out-70	Jan-71	3	-5,604	-1,868	1	0	0
	Out-71	Jan-72	3	-6,126	-2,042	2	0	0
	*Out-73	Abr-74	6	-7,677	-1,280	0	0	0
	Mai-74	Jul-76	26	-56,019	-2,155	12	2	0
	Dez-79	Nov-83	47	-114,181	-2,429	19	11	0
	Out-85	Set-86	11	-18,177	-1,652	3	0	0
	*Jan-89	Mai-89	4	-6,552	-1,638	1	0	0
	*Jun-89	Out-89	4	-5,524	-1,381	0	0	0
	Jul-91	Ago-92	13	-27,591	-2,122	2	3	0
	Nov-92	Set-93	10	-20,259	-2,026	4	0	0
	Abr-94	Nov-95	19	-49,547	-2,608	5	5	2
Évora	Out-98	Nov-00	25	-67,807	-2,712	12	3	4
	*Mai-65	Set-65	4	-6,056	-1,514	0	0	0
	*Out-70	Jan-71	3	-5,376	-1,792	1	0	0
	Abr-73	Fev-74	10	-15,310	-1,531	1	0	0
	Out-74	Fev-75	4	-7,370	-1,842	2	0	0
	Nov-75	Ago-76	9	-18,365	-2,041	3	0	0
	Dez-79	Set-80	9	-13,043	-1,449	0	0	0
	Out-80	Set-82	23	-54,206	-2,357	14	4	0
	Dez-82	Nov-83	11	-25,282	-2,298	9	0	0
	*Set-85	Fev-86	5	-6,691	-1,338	0	0	0
	Dez-88	Ago-89	8	-14,653	-1,832	3	0	0
	*Jun-90	Out-90	4	-6,726	-1,682	1	0	0
	Jun-91	Ago-93	26	-68,381	-2,630	10	11	0
	Jul-94	Nov-95	16	-41,801	-2,613	4	4	2
Beja	Out-98	Abr-00	18	-47,248	-2,625	7	4	2
	Dez-66	Nov-67	11	-20,780	-1,889	6	0	0
	*Out-70	Jan-71	3	-5,026	-1,675	0	0	0
	*Out-71	Jan-72	3	-5,180	-1,727	0	0	0
	*Jun-72	Set-72	3	-3,349	-1,116	0	0	0
	Out-73	Fev-75	16	-30,645	-1,915	3	2	0
	*Out-75	Abr-76	6	-8,747	-1,458	0	0	0
	*Dez-79	Mar-80	3	-4,315	-1,438	0	0	0
	Nov-80	Set-82	22	-59,436	-2,702	5	8	2
	Dez-82	Dez-83	12	-29,694	-2,475	5	4	0
	*Out-85	Fev-86	4	-7,442	-1,861	0	0	0
	*Jan-89	Abr-89	3	-4,677	-1,559	0	0	0
	*Nov-90	Fev-91	3	-3,669	-1,223	0	0	0
	*Jun-91	Out-91	4	-4,897	-1,224	0	0	0
	Nov-91	Mai-93	18	-47,784	-2,655	12	1	2
Alvalade	Jun-94	Nov-95	17	-50,842	-2,991	4	3	5
	Nov-98	Ago-99	17	-48,903	-2,877	2	3	0
	Jan-00	Abr-00	3	-6,365	-2,122	2	0	0
	Dez-66	Fev-68	14	-25,262	-1,804	3	0	0
	*Out-70	Abr-71	6	-10,404	-1,734	1	0	0
	Out-71	Jan-72	3	-5,762	-1,921	2	0	0
	Mar-73	Jun-75	27	-49,462	-1,832	7	0	0
	Out-75	Ago-76	10	-19,449	-1,945	6	0	0
	Dez-79	Dez-81	24	-60,635	-2,526	5	9	0
	Jan-83	Nov-83	10	-25,655	-2,565	8	1	0
	*Out-85	Jan-86	3	-5,000	-1,667	0	0	0
	*Jan-89	Abr-89	3	-4,169	-1,390	0	0	0
	Dez-91	Mai-93	17	-40,841	-2,402	9	3	0
	Abr-94	Nov-95	19	-58,872	-3,099	4	2	7
	*Mar-97	Ago-97	5	-6,410	-1,282	0	0	0
	Mar-98	Abr-00	25	-81,443	-3,258	10	3	8

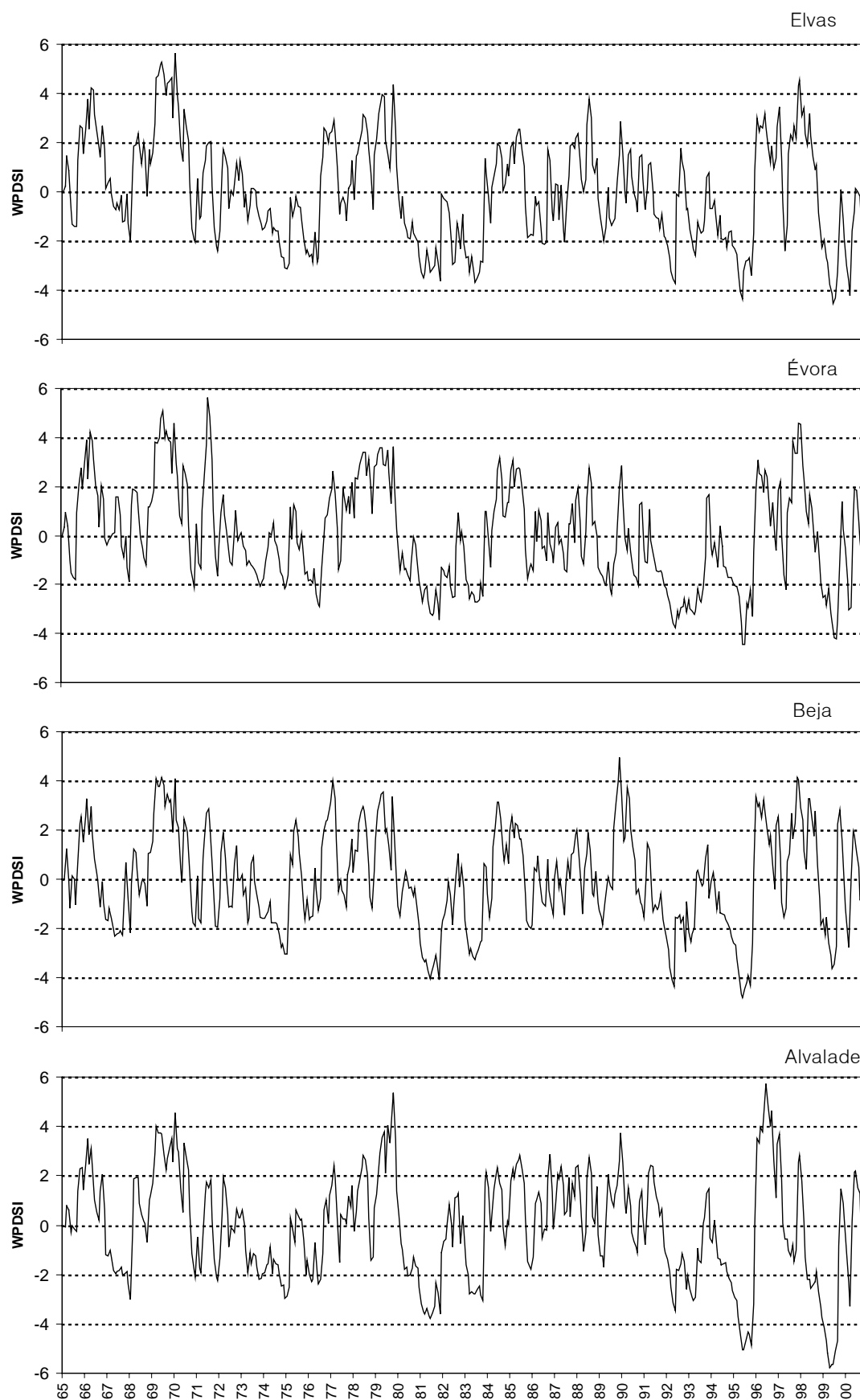


Figura 5.10 Evolução temporal do WPDSI para $TAW=150$ mm e ETo FAO Penman-Monteith em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000

5.1.3.4 Comparação entre o PDSI e o SPI na identificação de períodos secos

Para averiguar da compatibilidade e complementaridade da informação fornecida pelos dois índices (PDSI e SPI) na identificação de períodos secos comparou-se a frequência observada nas diferentes categorias de seca resultante do PDSI e do SPI calculado em várias escalas de tempo. Estas comparações foram efectuadas no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000, período em que se dispõe de dados que permitem calcular ambos os índices nos quatro locais. Nas tabelas de contingência (Quadro 5.15) apresenta-se a classificação cruzada do PDSI e do SPI em quatro escalas de tempo (3, 6, 9 e 12 meses) onde a classe “N” (Não-seca) corresponde aos valores dos índices não incluídos nas classes de seca ligeira (“0”), moderada (“1”), severa (“2”) ou extrema (“3”).

Quadro 5.15 Classificação cruzada do Índice de Palmer ($TAW=150$ mm e ETo FAO–Penman–Monteith) e do SPI em 4 escalas de tempo (3, 6, 9 e 12 meses) em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período 1965–2000

		Correspondência entre categorias de seca Palmer–SPI (número de meses)																			
PDSI	Total	SPI numa escala de tempo de																			
		3meses					6 meses					9 meses					12 meses				
		N	0	1	2	3	N	0	1	2	3	N	0	1	2	3	N	0	1	2	3
Elvas																					
N	245	171	60	9	5	0	170	71	2	2	0	169	75	1	0	0	157	85	3	0	0
0	94	27	47	10	7	3	19	58	14	2	1	9	71	13	1	0	12	70	11	1	0
1	63	11	27	11	6	8	6	21	21	9	6	2	29	22	8	2	2	26	25	8	2
2	24	3	6	6	6	3	0	3	7	13	1	0	0	8	12	4	0	0	8	12	4
3	6	0	0	2	3	1	0	0	0	5	1	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3
Total		212	140	38	27	15	195	153	44	31	9	180	175	45	23	9	171	181	48	23	9
Évora																					
N	257	178	63	10	4	2	178	70	8	0	1	163	91	3	0	0	157	95	5	0	0
0	92	13	43	21	7	8	14	44	25	9	0	15	52	20	5	0	16	59	12	5	0
1	56	14	20	13	5	4	5	20	16	12	3	1	16	24	12	3	3	11	19	23	0
2	23	6	9	6	1	1	0	9	10	3	1	0	2	10	9	2	0	1	8	11	3
3	4	0	3	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3	1
Total		211	138	50	17	16	197	145	59	26	5	179	161	58	29	5	176	166	44	42	4
Beja																					
N	268	188	68	9	2	1	188	74	5	0	1	183	81	4	0	0	176	86	6	0	0
0	94	15	48	18	8	5	24	47	18	5	0	17	60	15	2	0	15	72	7	0	0
1	40	12	14	7	5	2	4	21	14	1	0	1	20	11	7	1	0	19	13	8	0
2	21	2	14	1	2	2	0	4	6	6	5	0	0	4	11	6	0	0	8	7	6
3	9	0	4	3	2	0	0	0	0	8	1	0	0	0	8	1	0	0	0	5	4
Total		217	148	38	19	10	216	146	43	20	7	201	161	34	28	8	191	177	34	20	10
Alvalade																					
N	261	180	63	16	1	1	200	51	8	0	2	197	55	6	3	0	190	62	6	2	1
0	83	28	36	13	3	3	19	50	10	4	0	14	63	6	0	0	20	54	8	1	0
1	55	12	21	14	3	5	4	18	19	10	4	5	17	18	11	4	8	16	21	10	0
2	18	1	7	5	2	3	0	4	4	7	3	0	1	6	7	4	0	1	3	9	5
3	15	0	6	3	2	4	0	1	3	2	9	0	0	1	1	13	0	0	0	0	15
Total		221	133	51	11	16	223	124	44	23	18	216	136	37	22	21	218	133	38	22	21
		N–Não-seca					0–Seca Ligeira					1–Seca Moderada					2–Seca Severa				

Quanto mais concentradas junto à diagonal estiverem as observações melhor a correspondência entre a informação fornecida pelos dois índices. Se hipoteticamente todas

as observações se situassem nas diagonais das tabelas de contingência a categorização dos meses secos fornecida pelos dois índices seria coincidente.

Regra geral observam-se maiores semelhanças entre o PDSI e o SPI na identificação e classificação dos meses secos quando o SPI é calculado para maiores escalas de tempo, 9 ou 12 meses (Quadro 5.15 e Figura 5.11); tal como o SPI, o PDSI é um índice com memória pois baseia-se no balanço hídrico do solo e traduz não só a situação actual mas também o passado recente.

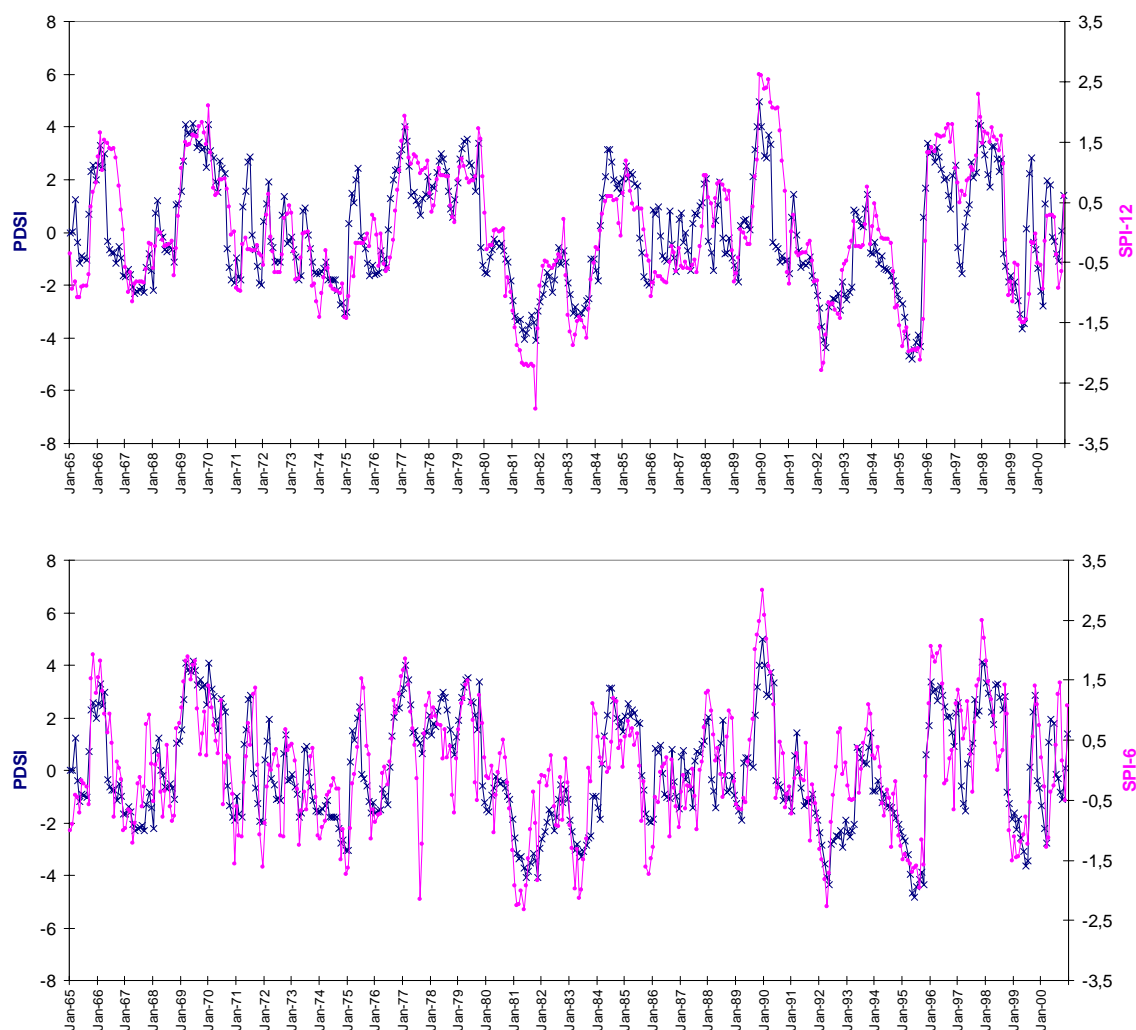


Figura 5.11 Evolução temporal do PDSI para $TAW=150$ mm e ET_o FAO Penman-Monteith (x) e do SPI-6 e SPI-12 (●) em Beja no período de Janeiro de 1965 a Dezembro de 2000

Assim, quando se consideram as categorias de seca severa e extrema verifica-se que existe uma melhor correspondência entre o SPI calculado numa escala de tempo de 12 meses e o PDSI; em 30, 27, 30 e 33 meses identificados pelo PDSI nas classes de seca severa ou extrema em Elvas, Évora, Beja e Alvalade o SPI-12 identifica 15, 12, 11 e 24 meses nessas classes, respectivamente. Na categoria de seca moderada o valor mais

elevado dos elementos diagonais é obtido para o SPI-9 em Évora, para o SPI-6 em Beja e para o SPI-12 em Elvas e Alvalade. O PDSI identifica 94 e 83 meses em seca ligeira em Elvas e Alvalade, respectivamente; o SPI-9 identifica no total 175 e 136 meses na mesma categoria de seca dos quais 71 e 63 meses são também classificados pelo PDSI em seca ligeira. Na identificação da seca ligeira em Évora e Beja observa-se uma melhor correspondência entre o PDSI e o SPI-9. Verifica-se também que, ao contrário da classe de seca ligeira, a frequência da classe de “Não-seca” é sempre maior com o PDSI do que com o SPI, em qualquer escala de tempo. Embora tal não se verifique em todos os postos, existe também tendência para uma maior frequência de meses classificados em seca extrema quando se utiliza o SPI.

As secas identificadas pelo SPI-12 no período 1965–2000 nos quatro locais bem como as suas características são apresentadas no Quadro B.2 (Anexo B). A informação referente ao início, duração e intensidade das quatro secas mais severas identificadas naquele período pelo índice de Palmer ou pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses, por ordem decrescente de severidade (Quadro 5.16) permite também avaliar a comparabilidade e compatibilidade dos dois índices.

Quadro 5.16 Características das secas mais severas identificadas pelo PDSI ($TAW=150$ mm e ETo FAO–Penman–Monteith) ou pelo SPI-12 em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período 1965–2000

Local	PDSI				SPI-12			
	Início	Fim	Duração (meses)	Intensidade	Início	Fim	Duração (meses)	Intensidade
Elvas	Out-98	Nov-00	25	-2,712	Nov-98	Dez-00	25	-1,346
	Abr-94	Nov-95	19	-2,608	Dez-82	Mar-84	15	-1,336
	Dez-79	Nov-83	47	-2,429	Fev-80	Jan-82	23	-1,046
	Mai-74	Jul-76	26	-2,155	Mai-91	Jan-96	56	-0,902
	Jul-91	Ago-92	13	-2,122				
	Nov-92	Set-93	10	-2,026				
Évora	Jun-91	Ago-93	26	-2,63	Dez-90	Nov-93	35	-1,212
	Out-98	Abr-00	18	-2,625	Nov-98	Abr-00	17	-1,123
	Jul-94	Nov-95	16	-2,613	Fev-80	Mar-84	49	-1,088
	Out-80	Set-82	23	-2,357	Abr-94	Dez-95	20	-1,021
	Dez-82	Nov-83	11	-2,298				
	Jun-90	Out-90	4	-1,682				
Beja	Jun-94	Nov-95	17	-2,991	Out-80	Nov-82	25	-1,305
	Nov-98	Ago-99	17	-2,877	Dez-82	Mar-84	15	-1,208
	Nov-80	Set-82	22	-2,702	Mai-94	Jan-96	20	-1,196
	Nov-91	Mai-93	18	-2,655	Abr-91	Mai-93	25	-0,866
	Dez-82	Dez-83	12	-2,475				
Alvalade	Mar-98	Abr-00	25	-3,258	Nov-98	Abr-00	17	-1,854
	Abr-94	Nov-95	19	-3,099	Mai-94	Jan-96	20	-1,621
	Jan-83	Nov-83	10	-2,565	Dez-82	Dez-83	12	-1,338
	Dez-79	Dez-81	24	-2,526	Dez-64	Out-65	10	-1,217
					Mar-80	Fev-82	23	-1,125

Neste quadro, além de se apresentarem as quatro secas mais severas identificadas por cada um dos índices mostram-se também algumas secas que não pertencendo ao grupo das quatro mais severas do respectivo índice, estão incluídas nos períodos das secas mais severas do outro índice.

Verifica-se que, de um modo geral, ambos os índices identificam as secas apresentadas, em períodos que se sobrepõem total ou parcialmente no tempo, coincidindo ou não quanto ao grau de severidade. Existe coincidência temporal na identificação, pelos dois índices, da seca mais severa em Elvas, Évora e Alvalade. Em Beja o período correspondente à seca mais severa identificada pelo PDSI está incluído na terceira seca mais severa identificada pelo SPI.

Por vezes as secas identificadas pelo SPI são mais longas e o PDSI identifica para o mesmo período mais do que uma seca, interrompida durante alguns meses. Por exemplo em Évora uma seca identificada pelo SPI com início em Fevereiro de 1980 e fim em Março de 1984, com 49 meses de duração, é referenciada pelo PDSI em dois períodos distintos, com uma interrupção de 4 meses, de Outubro de 1980 a Agosto de 1982, e de Dezembro de 1982 a Outubro de 1983, com durações de 23 e 11 meses respectivamente. Uma só seca com uma duração de 56 meses identificada pelo SPI em Elvas (Maio de 1991 a Janeiro de 1996) corresponde, com o PDSI a três secas distintas, de Julho de 1991 a Julho de 1992, de Novembro de 1992 a Agosto de 1993 e de Abril de 1994 a Outubro de 1995 com 13, 10 e 19 meses de duração. No entanto, a situação inversa também se verifica. Assim, em Elvas, a terceira seca mais severa (Dezembro de 1979 a Outubro de 1983) identificada pelo PDSI inclui a terceira seca mais severa referenciada pelo SPI (Fevereiro de 1980 a Janeiro de 1982) e parte da segunda seca mais severa que se inicia em Dezembro de 1982 prolongando-se até Março de 1984.

5.2 Secas regionais

A seca é um fenómeno espacialmente distribuído e como tal a sua importância depende não só da sua duração e severidade mas também da sua extensão espacial. As características espaciais de uma seca representam um passo importante para a avaliação da sua severidade e dos seus efeitos (Rossi *et al.*, 1992).

Na caracterização e avaliação das secas regionais várias têm sido as metodologias e critérios utilizados. Dado que as variáveis utilizadas na identificação das secas são obtidas

localmente, em determinados pontos de medição, a análise regional baseia-se na distribuição espacial destas variáveis. Em primeiro lugar, depois de escolhida a variável identificadora da seca, há que estabelecer um limiar crítico, o qual é comparado com valor da variável, para identificar a situação de seca em cada ponto de medição.

Deverá também seleccionar-se uma grelha de pontos na região, onde a variável é avaliada. Estas grelhas podem ser de dois tipos (Rossi, 1989):

- uma grelha irregular correspondente à rede de medição, que permite utilizar directamente as séries de registos obtidas e em que se atribui uma ponderação a cada ponto de medição;
- uma grelha regular, de malha quadrada, em que as séries da variável de interesse são estimadas em cada célula através de modelos de interpolação espacial e temporal.

A grelha irregular, em que as ponderações atribuídas a cada ponto de medição correspondem às respectivas áreas de influência, obtidas através de polígonos de Thiessen, é um dos métodos mais vulgarmente utilizado (Santos, 1981, 1983b; Rossi, 1989; Vaz, 1993; Santos, 1996, 1998; Pimenta e Cristo, 1998; Santos *et al.*, 1999; Santos e Gamboa, 2000; Al-Salihi, 2003; Bergaoui, 2003; Cancelliere e Rossi, 2003; Paulo *et al.*, 2003a). Neste método assume-se que a variável de interesse toma o mesmo valor em toda a área de influência do ponto de medição.

Na grelha regular as áreas unitárias associadas a cada célula são todas iguais. Assim, todas as células da malha têm igual peso. Este método foi aplicado na análise de secas regionais por Tase (1976), Zaidman e Rees (2000), Lloyd-Hughes e Saunders (2002), Álvarez e Estrela (2003), entre outros.

Quando se recorre à área correspondente a cada célula da grelha previamente estabelecida, seja esta regular ou irregular, duas metodologias podem ser aplicadas:

- obtenção de uma única série da variável de interesse, ponderando as medições em cada ponto pelas respectivas áreas, e posterior análise dessa série;
- caracterização das secas locais, recorrendo às séries da variável de interesse em cada célula da grelha, avaliação da área afectada pela seca na região e da severidade da seca regional.

Seguidamente apresentam-se as principais variáveis características na definição de seca regional nas situações em que, na identificação das secas locais, se recorre à teoria dos chorrilhos ou ao índice de seca SPI.

5.2.1 Identificação e caracterização da seca regional pela teoria dos chorrilhos

Utilizando a teoria dos chorrilhos, considera-se que a célula k está em situação de seca quando a variável que traduz a anomalia no intervalo de tempo i , $Z(i,k)$, é inferior a um dado limiar crítico, Z_c . Com base nestes pressupostos Tase (1976) estabeleceu os seguintes descritores para a caracterização da seca regional:

- *área em déficit* ou extensão espacial no intervalo de tempo i , definida como a soma das áreas das células em seca nesse intervalo de tempo

$$A_d(i) = \sum_{k=1}^K A_k I(z(i,k)) \quad (5.10)$$

com

$$I(z(i,k)) = \begin{cases} 1, & z(i,k) < z_c \\ 0, & z(i,k) \geq z_c \end{cases}$$

- *défice total* no intervalo de tempo i , definido como a soma dos défices locais, ponderados pelas áreas de influência correspondentes

$$D(i) = \sum_{k=1}^K A_k (z_c - z(i,k)) I(z(i,k)) \quad (5.11)$$

Tase (1976) adoptou uma grelha regular, tomando como unidade base de análise a célula k , com área A_k , sendo a região formada por K células, onde $A_1 = A_2 = \dots = A_K$. A variável $Z(i,k)$ utilizada por Tase (1976) é uma variável padronizada resultante da precipitação mensal.

Rossi (1979, 1989) adoptou os descritores definidos por Tase mas utilizou uma grelha irregular, definida através dos polígonos de Thiessen. Para o cálculo do déficit em cada local k e intervalo de tempo i considerou como limiar crítico uma dada percentagem da precipitação média, obtida para esse local em intervalos de tempo análogos.

O conceito de *área crítica* foi utilizado por Rossi (1979) e Santos (1981, 1983b) na definição de seca regional. Santos (1981) define seca regional como o intervalo de tempo $[t_0, t_f]$ durante o qual a proporção da área instantânea em déficit, $As(t)$, iguala ou excede a área crítica, A_c , a qual representa uma proporção arbitrária da área total da região (Figura 5.12). Neste exemplo a área crítica representa 50% da área total da região ($A_c = 50\%$).

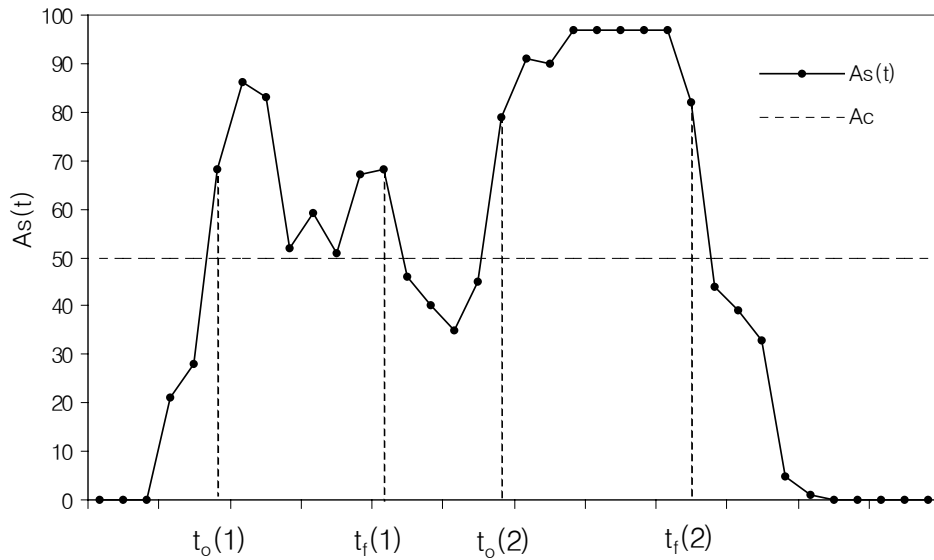


Figura 5.12 Definição de seca regional (adaptado de Santos, 1981)

Na caracterização estocástica de secas regionais (Santos, 1981) o limiar crítico é um quantil representativo de uma baixa probabilidade de excedência do “determinante” de seca (designação para a variável de interesse na caracterização da seca), as áreas de influência dos postos de medição são definidas por polígonos de Thiessen e a área crítica define a seca regional. Deste modo, considera-se que a seca tem carácter regional quando uma fracção significativa da área total da região é afectada pela seca, ou seja, quando a soma das áreas A_j , afectadas por seca local, atinge a área crítica, como se exemplifica na Figura 5.13.

Utilizando os conceitos de *área em défice* e *defícite total* no intervalo de tempo t , estabelecidos por Tase (1976), os descritores da seca regional R , ou seja, as características da seca são definidas por Santos (1981) como:

- Duração L_R : número de intervalos de tempo consecutivos em que a área em défice excede a área crítica

$$L_R = t_f - t_0 + 1 \quad (5.12)$$

- Área em défice A_R : média da proporção observada de áreas em seca, em cada intervalo de tempo, durante uma seca regional de duração L_R

$$A_R = \frac{1}{L_R} \sum_{t=t_0}^{t_f} A_d(t) \quad (5.13)$$

- Défice total da seca regional U_R : soma dos défices $D(i)$, obtidos pela Equação 5.11, onde A_k representa a área da célula (polígono de Thiessen) k , expressa como uma fracção da área total da região, durante uma seca regional de duração L_R

$$U_R = \sum_{t=t_0}^{t_f} D(t) \quad (5.14)$$

- Intensidade da seca regional I_R : razão entre o défice total e a duração

$$I_R = \frac{U_R}{L_R} \quad (5.15)$$

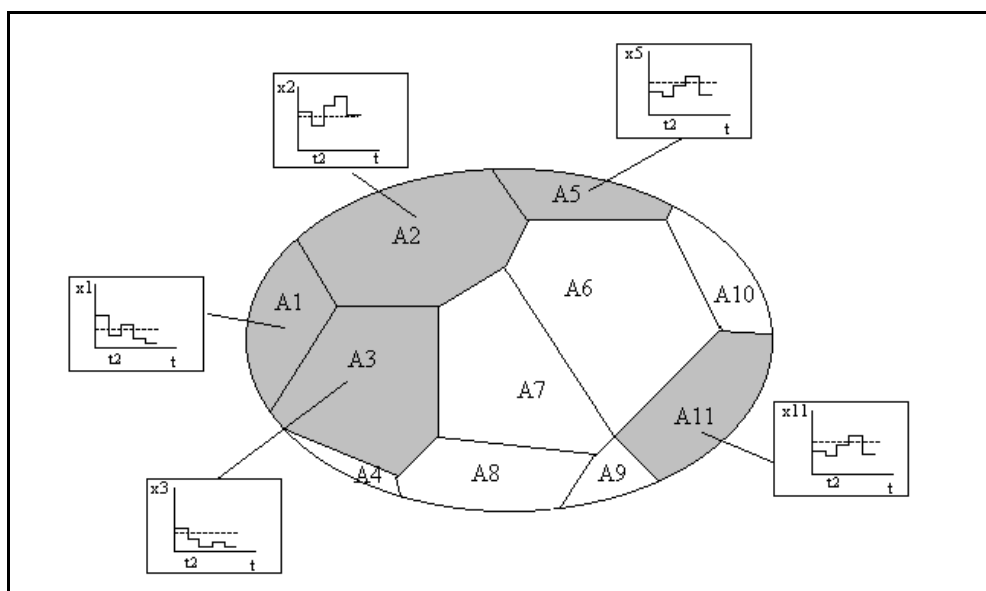


Figura 5.13 Identificação da seca regional no intervalo de tempo t_2 . Variável x_j e respectivo limiar crítico, em cada local j

Estas características foram estimadas para a região do Alentejo, considerando duas escalas temporais, o trimestre e o ano, com *software* REDIM (DICA, 2000) já anteriormente utilizado na caracterização das secas locais pela teoria dos chorrilhos.

5.2.2 Identificação e caracterização da seca regional pelo SPI

O SPI, para além da caracterização das secas locais, é também utilizado para identificação dos padrões regionais de precipitação e das situações de seca, para calcular a cobertura regional da seca e a sua severidade.

O conceito de área crítica é também utilizado na identificação e caracterização das secas regionais quando se utiliza o SPI. Assim, um mês é classificado como “seco” se a proporção da área afectada por seca na região excede o valor adoptado para A_c . Dado o SPI calculado numa escala de tempo pré-definida, uma seca regional é identificada quando a proporção relativa à soma das áreas de influência de todas as estações afectadas por seca classificada como ligeira ou de severidade superior – moderada, severa ou extrema – permanece continuamente acima da área crítica e, nesse período, a área (expressa em % da área total) em que $SPI \leq -1$ excede a área crítica, num ou em mais meses. Esta proposta de identificação da seca regional corresponde a uma adaptação da identificação local proposta por McKee *et al.* (1993) apresentada em 5.1.2.

Assim, para caracterizar uma seca regional, calculam-se os seguintes itens:

- *Duração da seca*: número de meses consecutivos em que a seca regional é classificada pelo menos como seca “ligeira” e esse período inclui um ou mais meses em que a seca é categorizada como “moderada”, “severa” ou “extrema”;
- *Severidade da seca* regional em cada mês: resulta da combinação da área crítica e da classificação local do SPI, para a escala de tempo escolhida. Por exemplo, se a área total (%) com a classificação “seca severa” igualar ou exceder a área crítica adoptada, a região é considerada sob “seca severa” nesse período;
- *Tempo de confirmação da seca*: número de meses consecutivos em seca ligeira antecedendo o primeiro mês numa categoria de seca moderada ou mais severa;
- *Cobertura de cada categoria de seca*: calcula-se numa base mensal e é a proporção da área da região afectada por uma dada categoria de seca. Por exemplo a cobertura regional de uma seca moderada é a proporção da área afectada por seca moderada e corresponde à soma das áreas de influência dos postos, expressa em percentagem da área total, em que $-1,5 < SPI \leq -1$;
- *SPI regional, SPI_{reg}* : para cada mês e escala de tempo o SPI_{reg} é a média ponderada dos valores locais de SPI, utilizando como factor de ponderação a área de influência de cada posto. Este indicador não é propriamente uma característica da seca regional mas sim uma medida da precipitação regional.

5.2.3 Secas regionais: aplicação das metodologias

Na identificação das secas regionais, pela teoria dos chorrilhos, escolheu-se como limiar crítico, a nível local, $\bar{x} - s$, sendo \bar{x} a média e s o desvio padrão amostral da

precipitação, conforme referido em 3.2.1. Foram utilizados dois valores para a área crítica $A_c = 30\%$ e $A_c = 50\%$. Bettencourt (1975) classifica como muitíssimo extensa uma seca que afecta 30 a 50% da área de uma região. Na análise consideraram-se duas escalas de tempo: 3 e 12 meses.

Na identificação da seca regional recorrendo ao SPI, uma vez que a cada mês em seca é atribuída uma dada classe de severidade, foram utilizados dois critérios para classificar a respectiva severidade:

- no primeiro critério adopta-se apenas um valor de A_c quer para identificar a seca na região quer para classificar os meses secos quanto à severidade;
- no segundo critério o limiar de identificação da seca regional, A_c , é fixo mas a sua classificação em termos de severidade utiliza diferentes limiares (A_c variável), dependendo da categoria de severidade.

Deste modo, e utilizando o primeiro critério, se a área total em seca na região exceder a área crítica, A_c , considera-se que a região está em seca; a classificação da seca na região, num dado mês, corresponde ao grau de severidade mais alto cuja extensão espacial, obtida a partir das áreas de influência das estações, excede a área crítica. Adoptou-se para A_c um valor de 50%. O segundo critério utiliza diferentes áreas críticas para diferentes severidades (Quadro 5.17).

Quadro 5.17 Classificação da severidade da seca com o SPI, para A_c variável

Severidade Regional	Valor para A_c
Extrema	20%
Severa	30%
Moderada	40%
Ligeira	50%

Assim, a seca regional num dado mês é classificada como: (a) extrema se $SPI \leq -2,0$ em mais de 20% da região; (b) severa se $SPI \leq -1,5$ afecta pelo menos 30% da região; (c) moderada se $SPI \leq -1,0$ tem uma cobertura espacial de pelo menos 40% da área da região e (d) ligeira se a soma das áreas afectadas por seca ligeira estabelecida ou de severidade superior excede o limiar crítico de identificação da seca $A_c = 50\%$ e (c) e (d) não se verificam. A classificação num determinado grau de severidade implica que as condições exigidas para a classificação em menores graus de severidade se tenham verificado. Os valores para a área crítica foram estabelecidos de uma forma arbitrária e diminuem com o

aumento da severidade dado que secas mais severas têm menor probabilidade de afectar maiores áreas.

5.2.3.1 Resultados obtidos com a teoria dos chorrilhos

Para uma escala de tempo de 12 meses identificam-se 7 e 10 secas para áreas críticas de 50 e 30%, respectivamente (Quadro 5.18). A seca mais longa, com 2 anos de duração ocorre em 1943/44–1944/45. A seca mais intensa, com uma intensidade de 94,7 mm/ano ocorre em 1982/83. A seca com maior extensão espacial (98% da área total do Alentejo em défice) verifica-se em 1980/81. É de salientar que na maior parte das secas identificadas a área em défice é extremamente elevada; das 10 secas identificadas considerando $A_c = 30\%$, em 6 delas a área em défice é superior a 80%. A seca é um fenómeno generalizado, que raramente ocorre apenas localmente. De notar também que a última seca identificada ocorre no último ano hidrológico analisado, 1998/99. A seca poderá ter terminado nesse ano ou ter continuado no ano seguinte.

Quadro 5.18 Características das secas regionais, no Alentejo, identificadas pela teoria dos chorrilhos numa escala de tempo de 12 meses, no período de 1931/32 a 1998/99

Seca nº	Início	Fim	Duração (ano)	Intensidade (mm/ano)	Área em défice (%)
1	1934/35	1934/35	1	34,6	60
2	1943/44	1944/45	2	92,9	84
3	1952/53	1952/53	1	28,4	39
4	1956/57	1956/57	1	9,3	41
5	1964/65	1964/65	1	19,2	51
6	1980/81	1980/81	1	90,8	98
7	1982/83	1982/83	1	94,7	97
8	1991/92	1991/92	1	45,2	82
9	1994/95	1994/95	1	77,9	92
10	1998/99	1998/99	1	72,9	84
Máximo			2	94,7	98
Média			1,1	56,6	73

Um resumo dos resultados obtidos para uma escala de tempo de 3 meses (Quadro 5.19) mostra que o trimestre de Primavera é o mais frequentemente identificado como seco.

Quadro 5.19 Características médias das secas regionais com a teoria dos chorrilhos, numa escala de tempo de 3 meses, no período de 1931/32 a 1998/99

A_c	Nº Secas	Número de trimestres secos				Duração (trimestres)		Intensidade (mm/3-m)		Área em défice (%)	
		O-D	J-M	A-J	J-S	Média	Max	Média	Max	Média	Max
50	28	5	11	11	4	1,11	3	22,2	69,5	75,9	100
30	38	11	11	14	10	1,29	4	16,5	69,5	63,5	100

Observa-se ainda, à semelhança da escala de tempo de 12 meses, que a cobertura espacial da seca na região é elevada; obteve-se um valor médio de 76% para a área em défice, nas 28 secas identificadas considerando um limiar crítico $A_c = 50\%$ e de 64% nas 38 secas identificadas com $A_c = 30\%$.

5.2.3.2 Resultados obtidos com o SPI

Com base nos conceitos apresentados em 5.2.3 e nos critérios de classificação da severidade em cada mês procedeu-se à caracterização das secas regionais no Alentejo. Assim, para o SPI calculado numa escala de tempo de 12 meses, identificou-se o início e o fim da seca (último mês do período seco), a respectiva duração, a extensão espacial das várias classes de severidade e obteve-se o SPI regional (Quadro 5.20).

Quadro 5.20 Características das secas regionais, no Alentejo, identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses, no período de 1932/33 a 1998/99

Seca nº	Início	Fim	Duração (meses)	Área (%) com			SPI _{reg}
				SPI-12≤-1	SPI-12≤-1,5	SPI-12≤-2	
1	Nov-33	Jan-36	27	42,1	16,2	4,5	-0,92
2	Out-38	Fev-39	5	36,0	11,0	4,8	-0,72
3	Dez-43	Abr-46	29	61,9	34,5	13,0	-1,18
4	Jan-49	Abr-50	16	37,8	16,1	3,4	-0,75
5	Abr-53	Jan-55	22	21,2	7,1	3,0	-0,57
6	Jan-57	Nov-58	23	21,3	3,8	0,3	-0,60
7	Dez-64	Out-65	11	42,6	11,1	0,9	-0,83
8	Abr-67	Fev-68	11	17,5	6,4	1,0	-0,57
9	Jan-71	Jan-72	13	15,7	1,8	0,0	-0,52
10	Fev-73	Out-76	45	28,0	7,4	1,1	-0,72
11	Fev-80	Out-82	33	44,2	27,9	9,5	-0,97
12	Dez-82	Dez-83	13	71,8	40,9	9,3	-1,28
13	Abr-91	Out-93	31	48,1	21,9	5,4	-0,89
14	Ago-94	Nov-95	16	64,4	37,0	9,4	-1,18
15	Nov-98	Set-99	11	77,5	41,1	13,4	-1,40
Média			20,4	42,0	18,9	5,3	-0,87
Máximo			45,0	77,5	41,1	13,4	-1,40

Foram identificadas 15 secas com durações variando entre os 5 e os 45 meses; estas duas secas apresentam a mesma intensidade média ($SPI_{reg} = -0,72$) e 36 e 28% de área média mensal em seca moderada ou de severidade superior durante o respectivo período.

A seca mais intensa ocorreu de Novembro de 1998 a Setembro de 1999, em que mais de 77% da área da região esteve sujeita a seca de severidade moderada ou superior incluindo 13,4% da área em seca extrema e com $SPI_{reg} = -1,40$. Na Figura 5.14 mostra-se o desenvolvimento espacial e temporal desta seca que em Outubro de 1998 ainda não se manifestava em nenhum local, instalando-se rapidamente num único mês, e que em Setembro de 1999 ainda atingia a totalidade da região, com 84% da área sob seca com grau de severidade moderado ou superior.

Os resultados da aplicação dos dois critérios de classificação da severidade regional indicados em 5.2.3 às secas regionais (Quadro 5.20) apresentam-se no Quadro 5.21.

A classificação mensal da severidade regional em todo período analisado, utilizando os dois critérios de classificação, consta do Quadro 5.22.

Quadro 5.21 Secas regionais, nº de meses em cada classe de severidade e tempo de confirmação da seca, $T_0(d)$, identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses, para A_c constante (50%) e A_c variável, no período de 1932/33 a 1998/99

Início	Fim	Nº de meses em cada classe de severidade e tempo de confirmação da seca $T_0(d)$									
		$A_c = 50\%$					A_c variável (50%, 40%, 30%, 20%)				
		Ligeira	Moderada	Severa	Extrema	$T_0(d)$	Ligeira	Moderada	Severa	Extrema	$T_0(d)$
Nov-33	Jan-36	16	10	1	0	4	12	13	2	0	2
Out-38	Fev-39	3	2	0	0	1	3	2	0	0	1
Dez-43	Abr-46	9	13	6	1	3	7	7	8	7	3
Jan-49	Abr-50	10	5	1	0	1	9	3	3	1	1
Abr-53	Jan-55	20	2	0	0	18	19	2	1	0	5
Jan-57	Nov-58	22	1	0	0	22	20	2	1	0	3
Dez-64	Out-65	5	6	0	0	4	4	7	0	0	3
Abr-67	Fev-68	10	1	0	0	9	10	1	0	0	9
Jan-71	Jan-72	11	2	0	0	0	10	3	0	0	0
Fev-73	Out-76	37	7	1	0	8	35	7	3	0	8
Fev-80	Out-82	19	3	10	1	8	18	2	5	8	8
Dez-82	Dez-83	2	6	5	0	0	2	3	6	2	0
Abr-91	Out-93	14	12	4	1	7	13	9	7	2	7
Ago-94	Nov-95	4	5	7	0	3	3	5	5	3	3
Nov-98	Set-99	1	6	4	0	1	1	1	8	1	1
Total (306 meses)		183	81	39	3	89	166	66	50	24	54

A segunda seca mais intensa, de Dezembro de 1982 a Dezembro de 1983, com uma duração de 13 meses, $SPI_{reg} = -1,28$ e 72% da área em seca moderada ou mais severa foi identificada pela teoria dos chorrilhos como sendo a seca mais intensa durante todo o período analisado (Quadro 5.18). Uma seca particularmente grave ocorreu de Dezembro de 1943 a Abril de 1946, onde se registaram 8 meses seguidos em que o SPI regional (Quadro B.8, Anexo B) tomou valores inferiores a $-1,5$, tendo em 2 desses meses chegado a atingir valores inferiores a -2 , e em que a cobertura regional da seca com severidade moderada ou mais grave ultrapassou, em 10 meses, 80% da área total (Quadro 5.23).

Este período de seca inclui a segunda seca mais intensa identificada pela teoria dos chorrilhos, nos anos hidrológicos de 1943/44 e 1944/45. Outras secas graves ocorreram de Abril de 1991 a Outubro de 1993 e de Agosto de 1994 a Novembro de 1995.

Ao observar as características das secas (Quadros 5.20 e 5.21), verifica-se que nalgumas delas o tempo de confirmação da seca é muito longo.

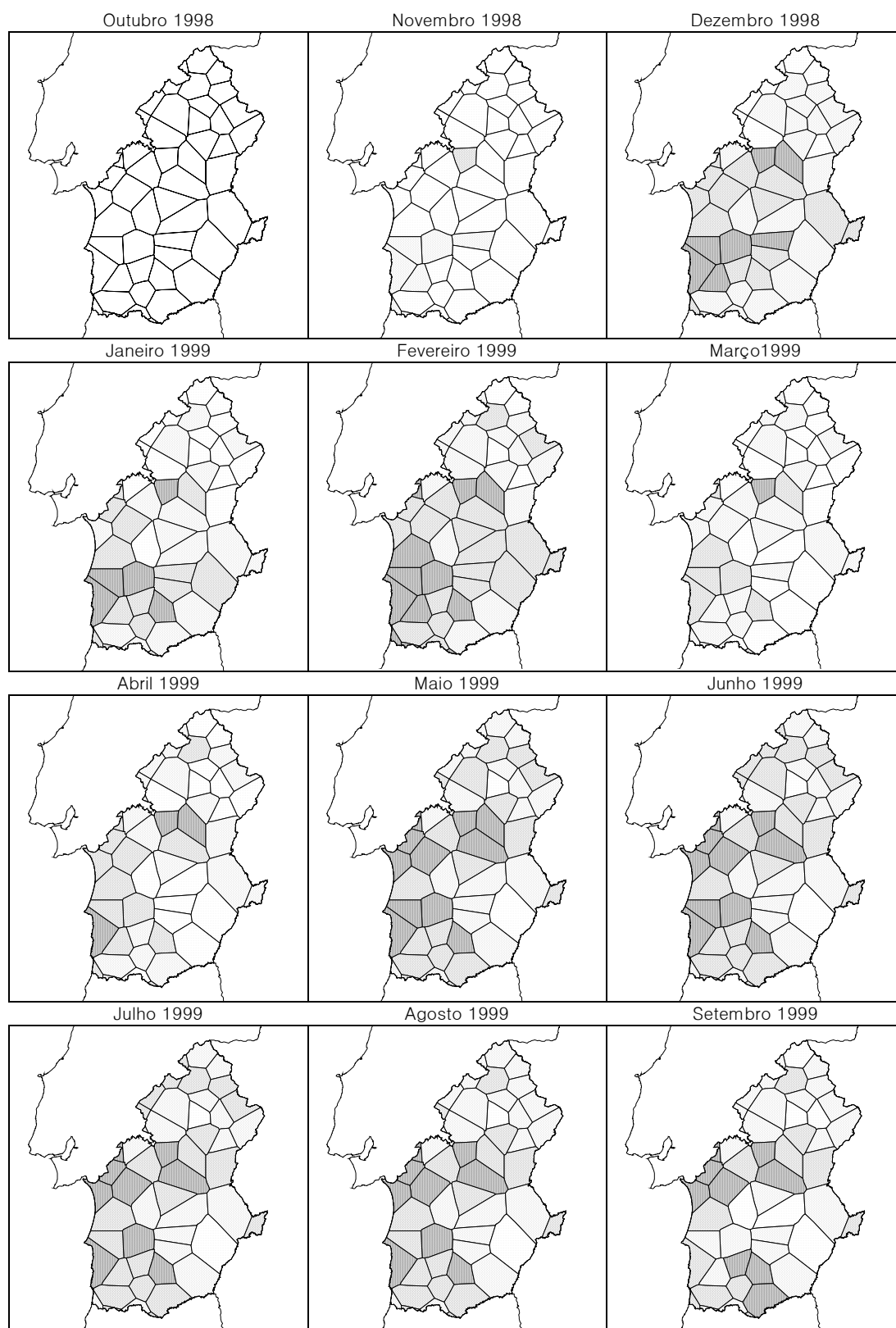


Figura 5.14 Evolução da área em seca (SPI-12) no período de Outubro de 1998 a Setembro de 1999

Quadro 5.22 Severidade da seca regional com SPI-12 para dois critérios de classificação no período 1932/33 a 1998/99

Ano Hidr.	Classes de seca regional ($A_c=50\%$)												Classes de seca regional ($A_c \text{ var}$)											
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
1932/33	0	0											1	1										
1933/34		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1934/35	1	1	0	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	2	1	1	1	1
1935/36	0	0	0	0									1	0	1	0								
1936/37																								
1937/38																								
1938/39	0	1	1	0	0								0	1	1	0	0							
1939/40																								
1940/41																								
1941/42																								
1942/43																								
1943/44			0	0	0	1	1	1	1	1	1	1			0	0	0	2	2	2	1	1	1	2
1944/45	1	0	2	1	1	1	2	1	2	2	2	3	1	1	2	1	2	2	3	2	3	3	3	3
1945/46	2	1	0	0	0	0	0						3	3	1	0	0	0	0					
1946/47																								
1947/48																								
1948/49				0	1	0	1	2	1	1	1	0				0	1	1	1	3	2	2	2	0
1949/50	0	0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	0	0	0					
1950/51																								
1951/52																								
1952/53							0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	0	0	1
1953/54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954/55	1	0	1	0									1	0	2	0								
1955/56																								
1956/57				0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	1	0	0	0	0	0
1957/58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1958/59	0	1											1	2										
1959/60																								
1960/61																								
1961/62																								
1962/63																								
1963/64																								
1964/65			0	0	0	0	1	1	1	1	1	1			0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1965/66	0												0											
1966/67							0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	0	0	0
1967/68	0	0	0	1	0								0	0	0	1	0							
1968/69																								
1969/70																								
1970/71				1	1	0	0	0	0	0	0	0				1	1	1	0	0	0	0	0	0
1971/72	0	0	0	0									0	0	0	0								
1972/73					0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0
1973/74	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
1974/75	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
1975/76	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1976/77	0												0											
1977/78																								
1978/79																								
1979/80					0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0
1980/81	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2
1981/82	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982/83	0		1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	0		1	2	3	3	2	1	1	2	2	2
1983/84	1	0	0										2	0	0									
1984/85																								
1985/86																								
1986/87																								
1987/88																								
1988/89																								
1989/90																								
1990/91							0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	0	0	0
1991/92	0	1	1	1	2	3	2	2	1	1	1	1	0	1	1	1	2	3	3	2	2	2	2	1
1992/93	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1993/94	0												0											0
1994/95	0	1	0	1	2	1	1	2	2	2	2	2	0	1	1	1	2	2	1	3	3	2	2	2
1995/96	2	1											3	1										
1996/97																								
1997/98																								
1998/99	0	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1		0	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2

0 – Seca ligeira 1 – Seca moderada 2 – Seca severa 3 – Seca extrema

Por exemplo as secas de Abril de 1953 a Janeiro de 1955 e de Janeiro de 1957 a Novembro de 1958 têm tempos de confirmação de 18 e 22 meses, respectivamente, quando se considera $A_c = 50\%$, que se reduzem para 5 e 3 meses com A_c variável; em cada uma destas 2 secas, com duração de 22 e 23 meses, respectivamente, apenas se identificam 3 meses em que a proporção da área afectada por seca de severidade moderada ou superior é maior que 40% (Quadro 5.22). A seca iniciada em Fevereiro de 1980 e com fim em Outubro de 1982, em que decorrem 8 meses desde o início da seca até à sua confirmação tem ainda a particularidade de ter também uma dissipação lenta, pois em Dezembro de 1981 ($A_c = 50\%$) ou Janeiro de 1982 (A_c variável) inicia-se a recuperação, só concluída em Outubro de 1982. Quase de seguida inicia-se uma nova seca, apenas com um mês de interrupção, em Dezembro de 1982, que se prolonga até Dezembro de 1984.

A área (%) afectada por seca de severidade moderada ou mais grave apresenta-se no Quadro 5.23. É de notar que os meses de Outubro e Novembro de 1932/33, identificados como secos, com severidade ligeira, de acordo com a definição de seca regional apresentada em 5.2.2 não estão incluídos numa seca, pois nos meses seguintes não se verifica agravamento da severidade. Durante estes meses a área afectada por seca com severidade ligeira ou superior é de 56% (Quadro B.4, Anexo B), ultrapassando o valor estabelecido para a área crítica. Apenas em 3 meses a seca extrema atinge uma extensão espacial superior a 50%, Setembro de 1945, Novembro de 1981 e Março de 1992, com 66%, 88% e 73% da área total em seca extrema, respectivamente (Quadro B.7, Anexo B). Nos Quadros B.5, B.6 e B.7 (Anexo B) apresentam-se as áreas (%) da região afectadas por seca moderada, severa e extrema, respectivamente.

Na Figura 5.15 apresenta-se a evolução temporal do SPI regional e das áreas (%) em seca extrema, severa+extrema, severa+extrema+moderada e total (severa, extrema, moderada e ligeira) obtidas para o SPI em duas escalas de tempo, 3 e 12 meses, na última década analisada. A escala de tempo de 3 meses reflecte uma maior instabilidade: enquanto que o SPI-12 toma valores inferiores a -1 em três períodos relativamente longos (Fevereiro de 92 a Janeiro de 93, Janeiro a Novembro de 95 e Dezembro de 98 a Setembro de 99) o SPI-3 assume valores inferiores a -1 em sete períodos distintos, de menor duração.

A maior instabilidade do SPI-3 manifesta-se também numa maior oscilação nas áreas classificadas nas diferentes categorias de seca. Pelo SPI-12 identificam-se três secas no período representado e pelo SPI-3 oito períodos secos, em que três têm duração não superior a três meses. Quando se adopta o SPI-3 é possível identificar um período seco com 3 meses de duração, o qual atinge a máxima severidade em Abril de 1997, com

valores de $SPI-3=-1,94$ num período em que o $SPI-12$ não identifica nenhuma seca regional (Dezembro de 1995 a Outubro de 1998).

Quadro 5.23 Área (%) do Alentejo com $SPI-12 \leq -1$ no período 1932/33 a 1998/99

Ano	Área (%) com $SPI-12 \leq -1$											
Hidr.	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1932/33	43	44	7	5	5	3	3	3	3	3	3	7
1933/34	3	3	21	46	49	53	11	16	16	16	16	16
1934/35	72	82	33	51	27	50	89	75	65	63	59	61
1935/36	44	39	50	13								
1936/37							3	5	5	5	5	5
1937/38	5			8	5	15	8	5	5	5	5	3
1938/39	8	81	68	10	13	12	8	12	9	9	9	10
1939/40	7	7	7	7			3	3	3	3	3	3
1940/41												
1941/42				3	10	2	2	2	2	2	2	
1942/43												
1943/44				21	28	68	86	83	52	59	51	67
1944/45	68	46	78	63	75	79	91	90	97	97	97	97
1945/46	97	82	44	39	33	5	1					
1946/47			1									
1947/48												
1948/49				10	59	46	56	87	85	85	85	19
1949/50	34	2	13	16	3	1	3	1				2
1950/51	2	18	29	15				4	4	4	4	
1951/52						2						
1952/53							1	15	28	28	34	44
1953/54	16	27	18	26	22	7	7	7	4	4	4	14
1954/55	56	27	72	5	4	4	5	4	4	4	4	4
1955/56	4	4										
1956/57				3		19	43	19	8	7	8	38
1957/58	36	18	16	2	9	14	15	22	24	28	13	30
1958/59	48	70	5	5	5	4	4					
1959/60												
1960/61					1	1	1					
1961/62	6		3									
1962/63		1	5	1								
1963/64												
1964/65			7	2	32	41	57	57	61	80	81	51
1965/66												
1966/67			1	17	22	17	29	12	10	10	10	15
1967/68	27	4	18	51	6	2	2	2	3	3	7	3
1968/69	4							3	3	3	3	
1969/70		3	3									
1970/71				55	60	48	3		3	3	3	3
1971/72	3	6	8	9				12	32	34	43	20
1972/73					7	25	25	7	2	2	2	7
1973/74	52	49	79	80	55	31	6	19	17	19	21	21
1974/75	36	40	82	88	79	4	32	16	19	17	17	4
1975/76		22	2	3	11	61	29	37	39	36	31	28
1976/77	2											
1977/78												
1978/79												
1979/80					8	5	11			5	5	5
1980/81	86	61	70	90	94	96	95	99	98	98	99	98
1981/82	100	100	42	19	8	6	11	13	7	7	7	7
1982/83	7		55	95	95	95	89	73	73	73	78	97
1983/84	91	12	7		3							
1984/85		5	13	4								
1985/86				17	6		7	14	20	19	22	2
1986/87			11	1	1							2
1987/88					1	1	1					
1988/89				20	9	1			11	21	21	16
1989/90	14											
1990/91			13	18	1	1	6	6	6	6	6	6
1991/92	15	50	50	51	87	92	97	97	87	87	83	82
1992/93	87	89	75	73	66	56	47	7	19	19	21	19
1993/94												
1994/95	19	53	42	64	81	77	82	96	90	90	90	92
1995/96	95	60										
1996/97						1		1	1			1
1997/98												
1998/99		13	91	75	94	57	66	93	93	93	93	84

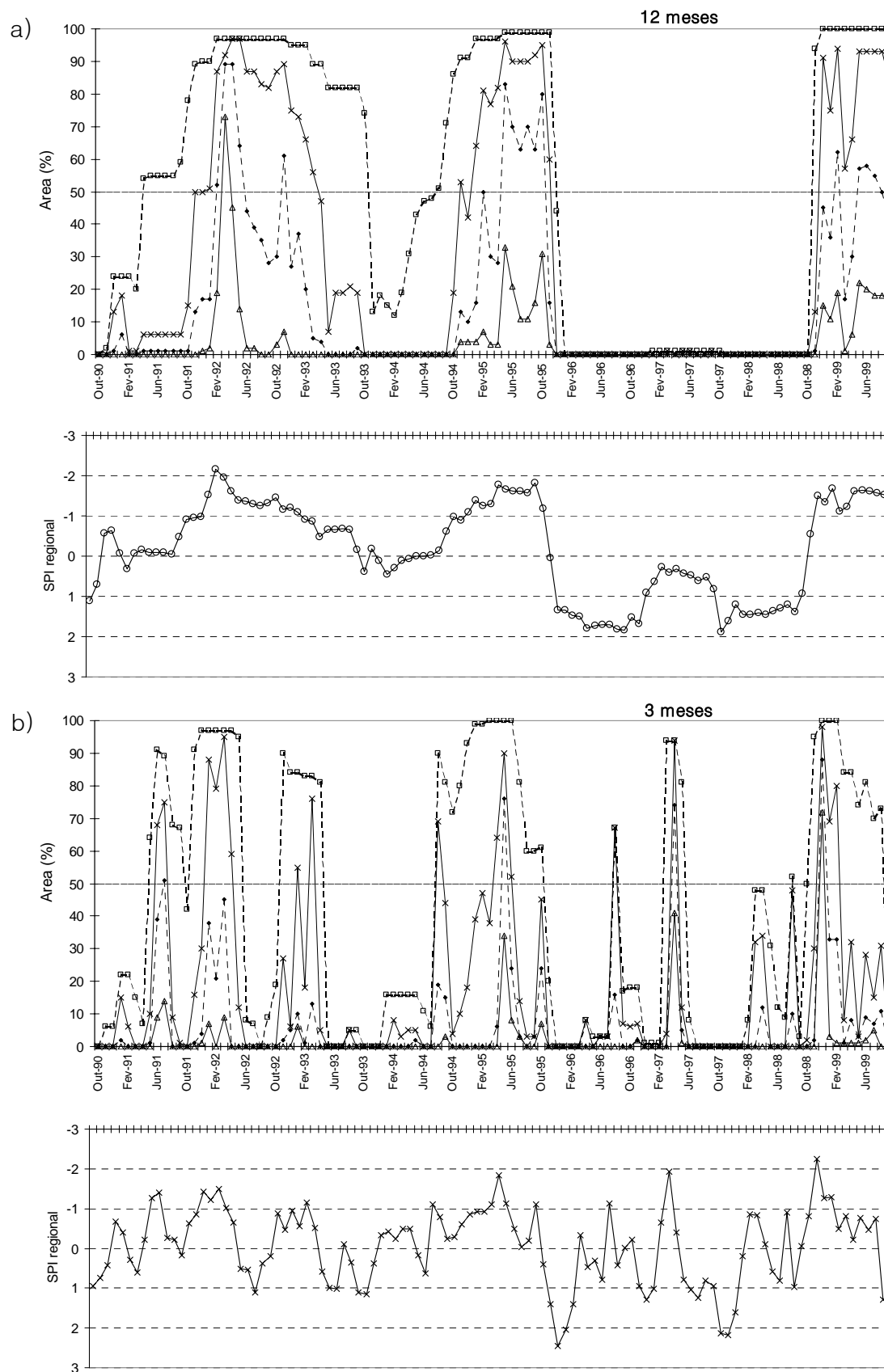


Figura 5.15 Área afectada por secas com severidade pelo menos ligeira (---□---), moderada (—×—), severa (—♦—) extrema (—▲—) e SPI regional no Alentejo (Out 90 – Set 99) nas escalas de tempo de a) 12 e b) 3 meses

De notar que nos meses de Fevereiro e Março de 1997 foi activado, no Alentejo, para os cereais de sequeiro, o fundo de calamidades para a seca, ao abrigo do SIPAC. Em Maio registou-se precipitação intensa, tendo sido compensados os agricultores pelas perdas resultantes. O SPI-3 regional em Maio de 1997 ainda toma valores negativos ($SPI-3=-0,4$) e em Junho torna-se positivo, assumindo valores próximos de 1 ($SPI-3=0,8$). Como já foi referido, a escala de tempo de 3 meses é mais adequada para detectar períodos secos, de curta duração, com interesse para a actividade agrícola. O índice de Palmer revelou-se incapaz de detectar estes meses secos uma vez que, resultando do balanço hídrico do solo, apresenta uma memória mais longa.

Quando se considera uma escala de tempo de 12 meses verifica-se (Figuras 5.15 e 5.16) que quando a curva do SPI regional desce para valores negativos, inferiores a -1 , regra geral a curva que representa a área afectada por secas classificadas na categoria de seca moderada ou mais grave ultrapassa o limiar crítico de $A_c = 50\%$.

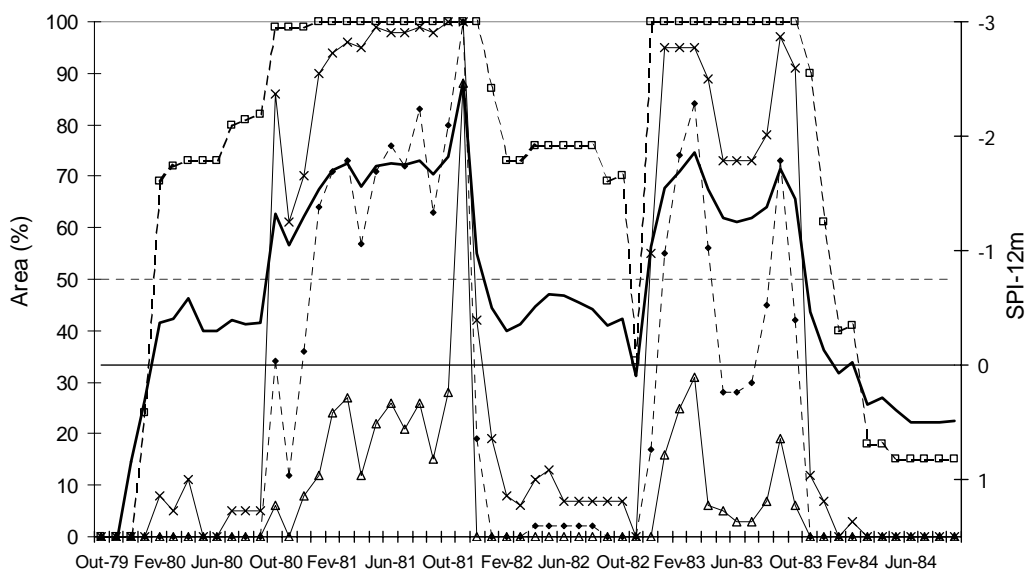


Figura 5.16 Área afectada por secas com severidade pelo menos ligeira (---□---), moderada (—x—), severa (—•—) extrema (—Δ—) e SPI regional (—) no Alentejo (Out 79 – Set 84)

A Figura 5.17 mostra a evolução do SPI-12 durante todo o período analisado. A aleatoriedade da precipitação manifesta-se na evolução temporal do SPI-12 regional em que as anomalias positivas e negativas se sucedem aleatoriamente.

À escala local, períodos de tempo em que o SPI toma valores entre -1 e 1 são classificados como “Quase Normais” pelo NDMC (2004). A classificação de McKee *et al.* (1995), menos restritiva na identificação da seca, considera uma seca iniciada mesmo que o SPI tome valores negativos superiores a -1 , desde que esses meses antecedam meses secos de maior severidade.

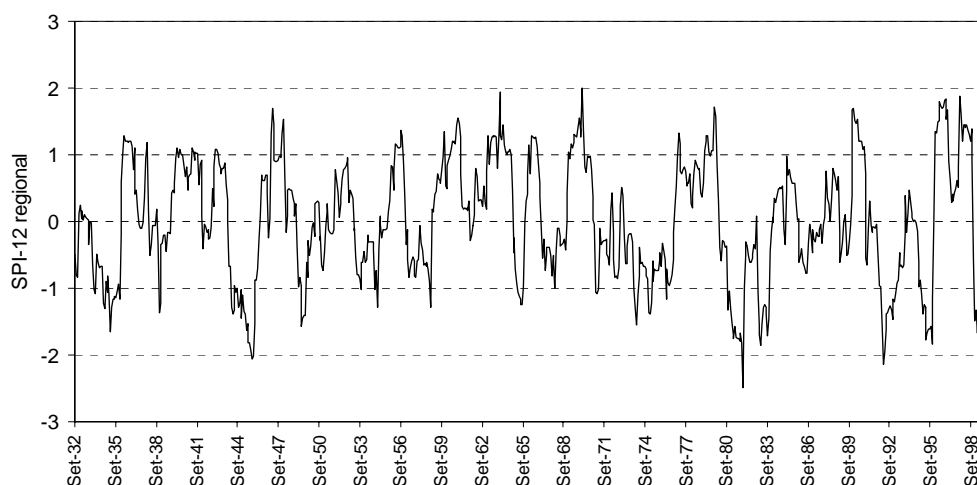


Figura 5.17 Evolução temporal do SPI-12 regional no Alentejo (Out 32 – Set 99)

À escala regional, e tomando o SPI regional como indicador quer a classificação original de McKee quer a classificação do NDMC são desadequadas e a segunda é muito restritiva uma vez que o SPI regional resulta da ponderação de todos os SPI locais pelas respectivas áreas de influência. Conforme se referiu valores de SPI regional inferiores a -1 estão associados a cerca de 50% da área total da região em seca moderada ou de maior severidade. Por essa razão se consideram, na identificação da seca, as áreas em seca nas várias classes de severidade. Na Figura 5.18 apresenta-se a evolução temporal das áreas afectadas por seca moderada, severa e extrema na região, identificadas pelo SPI-12.

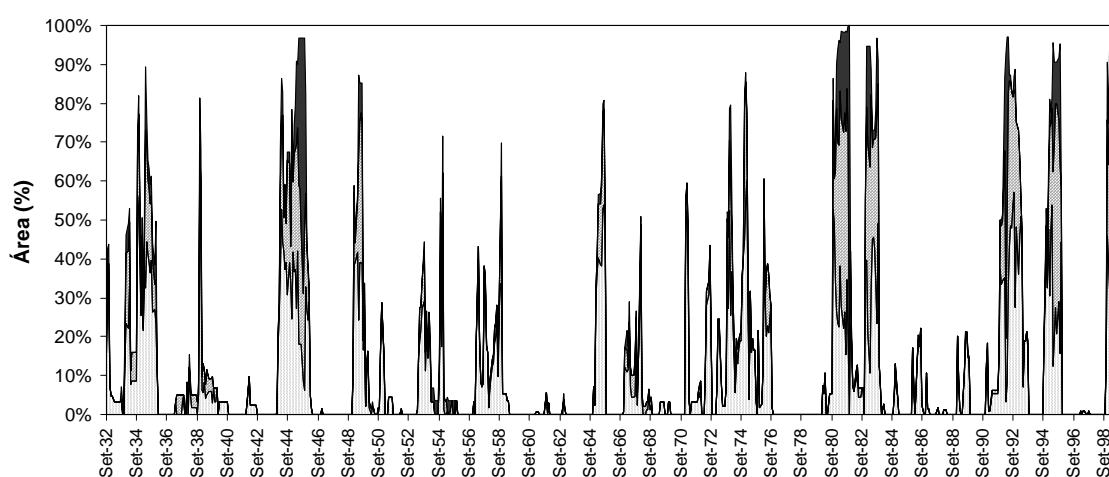


Figura 5.18 Percentagem da área do Alentejo afectada por seca moderada (□), severa (▨) e extrema (■) no período de Outubro de 1932 a Setembro de 1999

Observa-se a ocorrência de várias secas com uma elevada extensão espacial. No período de Outubro de 1932 a Setembro de 1999 existem 37 meses em que a área afectada por seca moderada, severa e extrema atinge mais de 90% da área total da região. Estes 37 meses incluem um período de 11 meses consecutivos (Jan-81 a Nov-81) com mais de 90% da área em seca naquelas categorias. Outros períodos consecutivos nestas condições são Abril de 1945 a Outubro de 1945 (7 meses) e Maio de 1995 a Outubro de 1995 (6 meses).

5.3 Síntese e análise crítica das metodologias

Tal como acontece com a definição de seca, não existe consenso relativamente aos índices de seca, à sua adaptação local ou ao seu uso na gestão da água. Na monitorização da seca vários indicadores ou índices deverão ser utilizados dado que as informações fornecidas, não sendo coincidentes, são muitas vezes complementares.

Neste Capítulo compararam-se três índices de seca, a teoria dos chorrilhos, o índice normalizado de precipitação (SPI) e o índice de Palmer (PDSI) no contexto da análise local e regional das secas, na região do Alentejo. Na aplicação da teoria dos chorrilhos à precipitação adoptou-se o limiar crítico $x_c = \bar{x} - s$ e utilizou-se uma escala temporal de análise de 3 e 12 meses; o SPI mensal foi calculado para uma escala de tempo de 12 meses (SPI-12) e de 3 meses (SPI-3). A teoria dos chorrilhos e o SPI, que requerem unicamente dados de precipitação, foram aplicados em 49 locais com séries de registos com 68 anos de duração (Outubro de 1931 a Setembro de 1999). A representatividade espacial dos resultados obtidos por estes dois métodos permitiu estender os resultados à região. O índice de Palmer (PDSI), que para além da precipitação necessita de outros dados para o cálculo da evapotranspiração, foi calculado apenas em quatro locais, Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado, num menor período de tempo, 36 anos de dados, de 1965 a 2000.

Avaliou-se o efeito da água total disponível (*TAW*) e do método de cálculo da evapotranspiração sobre o PDSI, concluindo que o índice de Palmer é particularmente sensível a *TAW* e menos sensível ao método de cálculo da evapotranspiração, obtendo-se uma maior frequência de valores extremos para maiores valores de *TAW*.

Quando se compara a teoria dos chorrilhos, para uma escala de tempo de 12 meses, usando como limiar crítico $x_c = \bar{x} - s$, ao SPI-12 constata-se que o SPI identifica um maior número de secas e mais tempo em seca, quer à escala local quer à escala regional. Os períodos correspondentes às secas mais severas são identificados total ou parcialmente por ambos os métodos. As mesmas conclusões resultam da comparação do PDSI ($TAW = 150$ mm, ETo FAO Penman-Monteith) com o SPI-12, à escala local.

O SPI é mais adequado à monitorização das secas uma vez que, ao contrário da teoria dos chorrilhos, permite acompanhar mensalmente a evolução do grau de severidade da seca e a sua confirmação.

Conclui-se que as secas têm quase sempre carácter regional com uma extensão espacial considerável.

Verificou-se que o SPI regional, resultante da ponderação dos valores locais do SPI pelas áreas de influência dos postos de medição (polígonos de Thiessen) toma valores inferiores a -1 quando mais de 50% da área da região é afectada por seca moderada ou com maior grau de severidade. A utilização do SPI numa escala de tempo de 3 meses (SPI-3) permite identificar períodos secos de curta duração, não identificados pelo SPI-12, que coincidem com registos de secas agrícolas, como se verificou em Fevereiro e Março de 1997. A complementaridade da informação fornecida pelas diferentes escalas de tempo é importante.

A primeira etapa de cálculo do PDSI baseia-se no balanço hídrico do solo mas as etapas seguintes obedecem a um algoritmo empírico pouco transparente. O índice deverá ser calibrado para a região atendendo à formulação de Heddinghaus e Sabol (1991); a necessidade de dados climáticos para o cálculo de ETo e o procedimento retroactivo no algoritmo de Palmer dificultam a utilização do índice na monitorização da seca.

Capítulo 6 Modelação temporal da seca

A seca é um fenómeno aleatório e recorrente cuja ocorrência não é facilmente previsível. Costuma ser encarada como um desastre, a par das cheias e de outros eventos meteorológicos e hidrológicos extremos. Contudo esta visão tem sofrido alterações, tendo a seca vindo a ser progressivamente encarada como fazendo parte integrante do clima, associada a alterações temporárias no padrão de distribuição da precipitação e não como uma situação “anormal” (Wilhite, 2004). Por exemplo na Austrália, até 1989, a seca era considerada oficialmente um desastre natural e o Estado concedia apoios financeiros aos sectores afectados pela seca. A partir do início dos anos 90 esta visão alterou-se começando a seca a ser encarada como uma parte natural do ambiente e um risco a ser incorporado nas tomadas de decisão dos agricultores.

As implicações ambientais, económicas e sociais da ocorrência de uma seca, nomeadamente no sector agrícola, mas também noutros sectores de actividade, levam à necessidade de uma melhor compreensão do fenómeno e ao desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a predição ou previsão do início e fim da seca, por forma a que a sua ocorrência possa ser claramente identificada (Paulo *et al.*, 2003b, 2004).

Neste sentido, a modelação de séries temporais de índices de seca ou das variáveis determinantes da seca tem por objectivo a sua descrição, a explicação da evolução no tempo da ou das variáveis envolvidas, a previsão e o controle (Murteira *et al.*, 1993). A análise de séries temporais é de fundamental importância no domínio da hidrologia. Tem sido utilizada na construção de modelos para geração de séries sintéticas, para previsão de eventos hidrológicos, nomeadamente situações extremas, para detectar tendências e saltos nos registos hidrológicos e para extensão de séries hidrológicas e preenchimentos de falhas (Stedinger e Taylor, 1982; Santos, 1983a, 1983b, 2002; Salas, 1993; Real *et al.*, 1998; Cancelliere e Salas, 2004).

Na modelação temporal da seca, em sentido lato, estão incluídos: a) a análise de frequência de variáveis hidrológicas; b) a identificação e comparação da ocorrência de secas em períodos de análise distintos; c) o estudo de curvas de severidade-frequência e de área-severidade-frequência; d) a obtenção de períodos de retorno de eventos secos com uma dada severidade; e) o estudo da dependência temporal da ou das variáveis identificadoras da seca e f) a previsão e/ou predição das secas. Esta abordagem baseia-se em métodos probabilísticos, que relacionam os valores, no passado e no presente, de uma ou mais variáveis hidrológicas ou meteorológicas, com os valores esperados no futuro

e com a evolução no tempo da variável de interesse. Assim, as previsões e predições são baseadas nas relações históricas observadas, as quais se assumem como válidas para o futuro.

Outra abordagem possível na modelação temporal das secas, nomeadamente na identificação de fontes de predictabilidade, baseia-se em métodos dinâmicos usualmente classificados em duas categorias: modelos de circulação geral da atmosfera, AGCM (Atmospheric General Circulation Models) e modelos de circulação geral oceano-atmosfera, CGCM (Coupled General Circulation Models). Estes métodos têm por objectivo modelar a física da atmosfera e dos oceanos que comanda a evolução do clima. Podem ser úteis para avançar previsões a curto prazo, com alguns dias de antecedência, embora no domínio das previsões sazonais ou anuais ainda necessitem de aperfeiçoamento. A informação fornecida por vários modelos, considerando diferentes condições iniciais e de fronteira, tem sido analisada e integrada e a investigação neste domínio permite antever significativas melhorias nas previsões a médio prazo (Stahl, 2001; Wedgbrow *et al.*, 2001; Hughes, 2002; NOAA, 2003; NDMC, 2004).

No domínio da meteorologia, as previsões da precipitação podem acoplar modelos que consideram várias variáveis predictoras, entre as quais a localização e persistência dos centros de altas pressões e a temperatura da água do mar, associados a fenómenos conhecidos. Têm sido conseguidos progressos importantes no que se refere às possibilidades de usar informações relativas ao fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation) e, em menor grau, à Oscilação do Atlântico Norte (NAO) como ferramentas de previsão (Vogt e Somma, 2000; NOAA, 2003; NDMC, 2004), nalgumas regiões do Mundo.

Hughes (2002) ao analisar a seca na Europa indica como principais fontes de predictabilidade o Oceano Pacífico, nomeadamente a influência do fenómeno ENSO, o Oceano Atlântico, onde destaca as variações no gradiente SST (Sea Surface Temperature), e as anomalias na velocidade do vento. Conclui que a Primavera é a estação do ano onde se obtêm previsões mais aceitáveis da precipitação e da seca na Europa. Os resultados de um modelo empírico mostram que 35% da variação do SPI na Primavera podem ser explicados usando uma combinação do ENSO, da persistência do SPI e da SST no Atlântico Norte. Contudo, as correlações obtidas entre o SPI-3 em Maio e o ENSO, considerando o período de 1901–1999, não se revelaram significativas para a Península Ibérica, considerando níveis de significância de 0,05 e 0,10. Não foram detectadas nem sazonalidade nem periodicidade anual ou decadal significativas das secas. Os padrões de circulação atmosférica que afectam Portugal não estão completamente caracterizados (Mendes *et al.* 2002; Câmara *et al.*, 2004); no entanto estudos recentes associam a

variabilidade interanual da precipitação e/ou dos caudais dos rios internacionais na Península Ibérica à Oscilação do Atlântico Norte (Tomé e Miranda, 2004; Trigo *et al.*, 2004). Apesar destes avanços, a previsão da seca e a identificação do seu estabelecimento e dissipação continuam a não ser tarefas fáceis.

A previsão de quando uma seca está prestes a iniciar-se ou a chegar ao fim é, pois, extremamente difícil (Cordery e McCall, 2000). Esta dificuldade deve-se ao carácter geralmente lento do estabelecimento da seca, uma vez que os efeitos resultantes da redução da precipitação, que constitui a causa primária da seca, são desfasados no tempo e cumulativos. A percepção do fenómeno na maior parte das vezes só tem lugar vários meses após este se ter iniciado. Do mesmo modo, a seca não termina imediatamente após o restabelecimento dos níveis normais da precipitação. A recuperação do equilíbrio dos ecossistemas, a recuperação das actividades económicas e do equilíbrio social, são sempre mais lentos do que o desaparecimento das causas que os provocaram.

As dificuldades na predição levaram ao desenvolvimento de índices de aviso (Wilhite *et al.*, 1987; Sivakumar and Wilhite, 2002). Estes índices podem ter natureza meteorológica ou hidrológica, integrando as observações actuais em séries históricas ou podem resultar do tratamento estocástico de volumes armazenados em reservatórios (Rossi, 2003).

Uma abordagem estocástica poderá contribuir para uma melhor caracterização deste fenómeno aleatório e da sua evolução no tempo, constituindo também uma ferramenta auxiliar de predição.

Por vezes os termos previsão e predição são utilizados indistintamente, embora tenham significados diferentes. Adoptando as definições de Lettenmaier e Wood (1993) a previsão significa a estimação de condições, para um dado momento ou um dado intervalo de tempo futuros. Distingue-se da predição, em que a estimação das condições futuras não diz respeito a um momento específico. Quando o momento do futuro ao qual respeita a previsão está muito distante do momento actual, a distinção entre previsão e predição esbate-se. O rigor da previsão é tanto menor quanto maior for esse intervalo de tempo, adiante designado por horizonte de previsão; nestas situações as predições são mais adequadas.

No que respeita a qualquer previsão a longo prazo, convém distinguir entre o período preditor, o horizonte da predição, designação correspondente ao inglês *lead-time* (Murteira *et al.*, 1993), e o período de predição (Hughes, 2002). O período preditor corresponde à escala de tempo das variáveis preditoras usados para construir o modelo de predição. O intervalo de tempo, m , que decorre entre a origem da predição, t , e o início do período a

que se refere essa predição, $t + m$, é designado por horizonte da predição. O período de predição, k , é o comprimento do intervalo de tempo, $m, m + 1, \dots, m + k - 1$, para o qual são feitas as predições. Um horizonte de predição da seca adequado é por vezes mais importante do que o rigor da predição (Easterling, 1989). É esse intervalo de tempo que permite que os decisores e políticos possam implementar políticas e medidas oportunas para mitigar os efeitos da seca. Por exemplo, no caso da agricultura, para que os agricultores possam tomar decisões de alteração das culturas e sistemas agrícolas para conviver com a seca, um horizonte de predição de vários meses, é essencial.

6.1. Abordagem clássica

A análise clássica de séries hidrológicas baseia-se em modelos de distribuição de frequências e pressupõe que a variável de interesse é aleatória, independente e identicamente distribuída. Para tal, na maior parte das vezes é necessário discretizar a série temporal, caso seja contínua, e/ou fixar intervalos de tempo para os quais a variável se possa considerar independente. Em Portugal este tipo de análise tem sido aplicada, entre outros por Henriques (1981, 1990) na modelação de caudais de cheia, por Matias (2003) na caracterização de regimes de escoamento e por Santos (1981, 1983b), Correia *et al.* (1991), Santos (1996, 1998), Santos *et al.* (1999), Santos e Henriques (1998) na análise regional de secas.

Outras metodologias baseiam-se na estrutura de dependência temporal da série. Dentre estas destacam-se os modelos autoregressivos e médias móveis (ARMA), os modelos de Markov e os modelos de processos pontuais.

6.2. Cadeias de Markov

Em hidrologia, as cadeias de Markov têm sido utilizadas, essencialmente, na modelação da precipitação diária, para a qual é usada uma classificação binária, com dois estados, seco *versus* húmido, e na modelação do estado de reservatórios. Numerosas referências da sua aplicação são fornecidas por Haan (1977) e Salas (1993). Em trabalhos mais recentes as cadeias de Markov foram utilizadas para modelar séries de precipitação (Banik *et al.*, 2002; Ochola e Kerkides, 2003), séries temporais de índices de seca (Lohani e Loganathan, 1997; Lohani *et al.*, 1998; Steinemann, 2003) e séries temporais de precipitação, de escoamento e de índices de seca (Cancelliere e Salas, 2004).

Na Índia, em regiões afectadas pela monção, as sequências de semanas secas e húmidas, na estação das chuvas, foram analisadas através de um índice, resultante da aplicação de um modelo de Markov à precipitação (Banik *et al.*, 2002). O referido índice funciona como indicador do grau de susceptibilidade à seca, concluindo-se pela sua utilidade na identificação das regiões agrícolas para as quais uma estratégia de mitigação das secas deve ser adoptada. Mais recentemente Ochola e Kerkides (2003) aplicaram cadeias de Markov na predição de períodos secos (*dry spells*) no Quênia. A aplicação de cadeias de Markov a séries temporais do índice de Palmer, no estado de Virginia, EUA, para a caracterização da possível evolução da severidade da seca e como ferramenta de planeamento e gestão dos recursos hídricos revelou-se de grande utilidade (Lohani e Loganathan, 1997; Lohani *et al.*, 1998). Steinemann (2003) avaliou alguns índices de seca, utilizando para tal um modelo de Markov multiestados, numa bacia hidrográfica do sudeste dos EUA, no período 1939–2001. Concluiu que a quantificação das diferenças de desempenho dos índices e dos respectivos limiares críticos, em termos de probabilidades de transição, persistência e duração das diferentes categorias de severidade de seca ajudam à tomada de decisão na gestão da água da bacia, em diferentes contextos. Cancelliere e Salas (2004) aplicaram cadeias de Markov periódicas de ordem 1 a séries de precipitação mensal em Caltanissetta, Sicília, a séries de precipitação semanal em Fort Collins, Colorado, a séries mensais de escoamento do Rio Niger em Kuolikoro, a séries de SPI calculado numa escala de tempo de 3 meses, no Colorado e a séries do índice de Palmer no Colorado. Caracterizaram a duração das secas, derivando a distribuição de probabilidades, o valor esperado da duração da seca e o período de retorno associado a secas de determinada duração e estimando as probabilidades de transição.

Em Portugal, no domínio da hidrologia, as cadeias de Markov foram utilizadas recentemente por Nunes *et al.* (2002) numa aplicação teórica que visava minimizar a redundância em redes de monitorização de águas subterrâneas, utilizando uma rede de monitorização hipotética gerada para o efeito.

Neste trabalho propõe-se a modelação de séries temporais de índices de seca com aplicação das cadeias de Markov. As cadeias de Markov são utilizadas para modelação das transições entre classes de severidade de seca. Como se descreve de seguida, com base na matriz de probabilidades de transição, obtém-se a distribuição de probabilidades para as diferentes classes de severidade de seca, o tempo médio de permanência em cada classe de severidade, o tempo médio para a primeira visita a uma dada classe e o tempo de recorrência de uma dada classe, estabelecendo-se também um esquema de predição do estado mais provável, a curto prazo (um, dois e três meses). Apresentam-se duas

formulações distintas, uma para cadeias de Markov homogêneas e outra para cadeias não-homogêneas.

6.2.1. Definições

Dado que uma cadeia de Markov é um processo estocástico, iniciamos esta análise apresentando as definições de processo estocástico, de estacionaridade de um processo estocástico e de cadeia de Markov, bem como a classificação de estados e de classes numa cadeia de Markov.

Processo estocástico

Um processo estocástico é uma colecção indexada de variáveis aleatórias, $\{X_t : t \in T\}$, as quais, quando o índice t percorre um dado conjunto T , tomam valores num dado conjunto E . Este conjunto E designa-se por espaço de estados e o conjunto T por conjunto de parâmetros. Se T é numerável o processo estocástico diz-se com parâmetros discretos, caso contrário com parâmetros contínuos. É usual considerar que t representa o tempo e considerar X_t como o estado ou posição do processo no tempo t (Çinlar, 1975). Por exemplo X_t pode representar o estado correspondente ao valor de um dado índice de seca no fim do mês t .

Os processos estocásticos têm interesse para descrever o comportamento de um sistema operando ao longo de um dado período de tempo. Um processo estocástico geralmente obedece à seguinte estrutura:

A situação actual do sistema pode ser classificada em qualquer uma das e categorias mutuamente exclusivas, $1, \dots, e$, designadas estados. A variável aleatória X_t representa o estado do sistema no momento t , e toma um dos valores possíveis $1, \dots, e$. O sistema é observado em determinados pontos no tempo, $t = 0, 1, 2, \dots$. Assim, o processo estocástico $\{X_t\} = \{X_0, X_1, X_2, \dots\}$ fornece uma representação do modo como a situação do sistema evolui no tempo.

Um processo estocástico desta natureza é um processo estocástico discreto no tempo, com um espaço de estados finito.

Outra característica dos processos estocásticos é a presença ou ausência de estacionaridade. Assim, um processo estocástico diz-se estritamente estacionário se, para qualquer inteiro positivo n e para quaisquer inteiros t_1, t_2, \dots, t_n e k , os vectores n -dimensionais (X_1, X_2, \dots, X_n) e $(X_{t_1+k}, X_{t_2+k}, \dots, X_{t_n+k})$ possuem a mesma distribuição.

Um processo estocástico diz-se estacionário num sentido lato (ou fracamente estacionário) se a sua média e variância são constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depende apenas da distância entre os períodos e não dos períodos para os quais é calculada (Gujarati, 1995). A estacionaridade fraca é condição suficiente para a maior parte das modelações de sucessões cronológicas (Murteira *et al.*, 1993).

Uma sucessão cronológica, geralmente designada por série temporal, representa uma realização (ou amostra) do processo estocástico.

Cadeia de Markov

O processo estocástico X é designado cadeia de Markov (Isaacson e Madsen, 1976) desde que:

$$P\{X_{t+1} = j | X_0, X_1, \dots, X_t\} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} \quad \forall i, j \in E, \quad t \in T \quad (6.1)$$

Uma cadeia de Markov é pois uma sequência temporal de variáveis aleatórias X_t , tal que, para qualquer período de tempo t , X_{t+1} é condicionalmente independente de $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{t-1}$, dado X_t , ou seja, a probabilidade de X_{t+1} tomar um dado valor particular j depende do passado apenas através do seu valor mais recente, X_t . A notação $X_t = i$ significa que o processo está no estado i no momento t .

Um processo com estas características é uma cadeia de Markov simples ou de primeira ordem. Cadeias de Markov de ordens superiores representam processos estocásticos em que o valor do processo no momento t depende dos valores em vários momentos imediatamente anteriores $t-1, t-2, \dots$. Numa cadeia de Markov, as probabilidades condicionais $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$, referentes a um passo de tempo, designam-se por probabilidades de transição. Na Figura 6.1 exemplificam-se a definição de estados e respectivas probabilidades de transição em cadeias de Markov.

Uma cadeia de Markov em que a probabilidade condicional $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = p_{ij}$ é independente de t , dependendo apenas dos estados i e j , tem um mecanismo de transição estacionário e designa-se homogénea no tempo (Çinlar, 1975). Uma cadeia de Markov é estacionária se e só se for homogénea no tempo e representar um processo estocástico estacionário. Numa cadeia de Markov não homogénea a probabilidade

condicional $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = p_{ij}^{t,t+1}$ além de depender dos estados i e j , depende também de t .

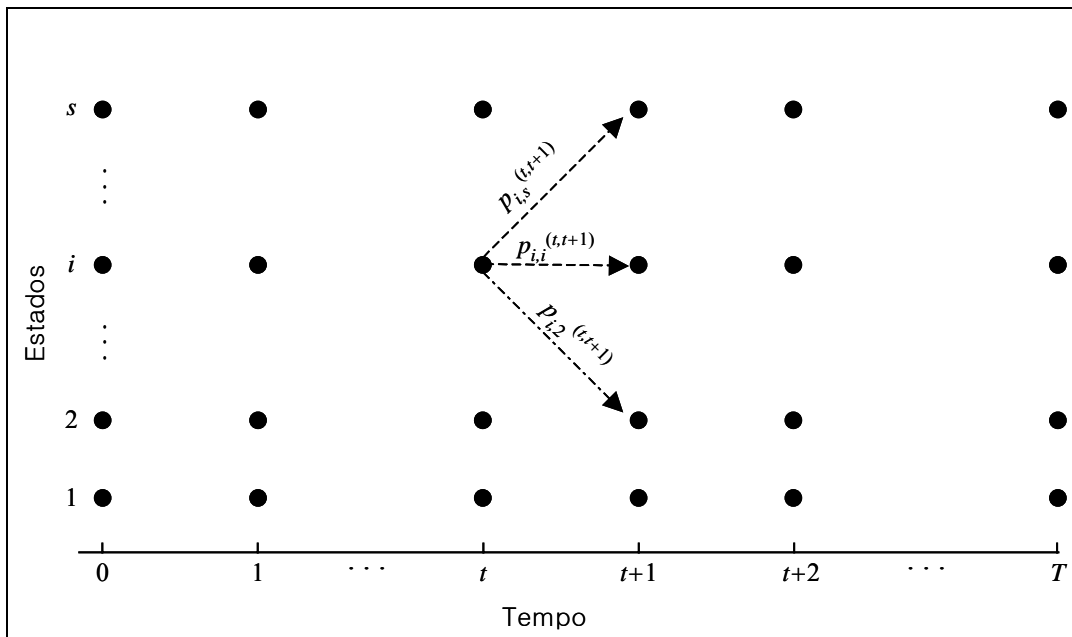


Figura 6.1 Definição de estados e respectivas probabilidades de transição em cadeias de Markov

Classificação de estados e classes numa cadeia de Markov

As transições entre estados e as probabilidades que lhes estão associadas permitem classificar os vários estados e classes de uma cadeia de Markov, apresentando-se seguidamente alguns conceitos e definições relativas aos estados que permitem descrever as propriedades da cadeia a longo prazo.

Um dado estado j é *acessível* a partir de um estado i se existir uma probabilidade positiva p_{ij}^n de, ao fim de um número n de passos, se atingir j começando em i . Assim, dizer que o estado j é acessível a partir de i significa que é possível o sistema entrar no estado j tendo começado em i . Quando o estado j é acessível a partir de i e i é acessível a partir de j diz-se que os estados comunicam. Disso são exemplo os estados A e C, na Figura 6.2. Os estados de uma cadeia podem classificar-se em *recorrentes* e *transientes*. Um estado diz-se *recorrente* (A e C, Figura 6.2) se, depois de ter sido visitado, o processo retorna outra vez a esse estado. Uma vez que um estado recorrente é revisitado depois de cada visita, se o processo continuar indefinidamente o estado recorrente será visitado infinitas vezes. Um estado não recorrente é um estado *transiente* (B e D na Figura 6.2). Assim, se um estado i é transiente e o processo visita

esse estado, existe uma probabilidade positiva, por vezes igual a 1, como é o caso de B, de que o processo posteriormente se mova para o estado j e nunca mais regresse ao estado i . Como consequência um estado transiente é visitado apenas um número finito de vezes. Um estado i diz-se *absorvente* (E na Figura 6.2) se, depois de entrar nesse estado, o processo nunca mais de lá sai, ou seja $p_{ii} = 1$. Um estado absorvente é um caso particular de um estado recorrente.

Os estados podem ser agrupados em uma ou mais classes separadas, por forma a que os estados que comunicam entre si pertençam à mesma classe. Se i é um estado recorrente, o conjunto de estados acessíveis a partir de i forma uma classe recorrente; todos os estados de uma classe recorrente são acessíveis entre si e nenhum estado exterior à classe é acessível a partir deles.

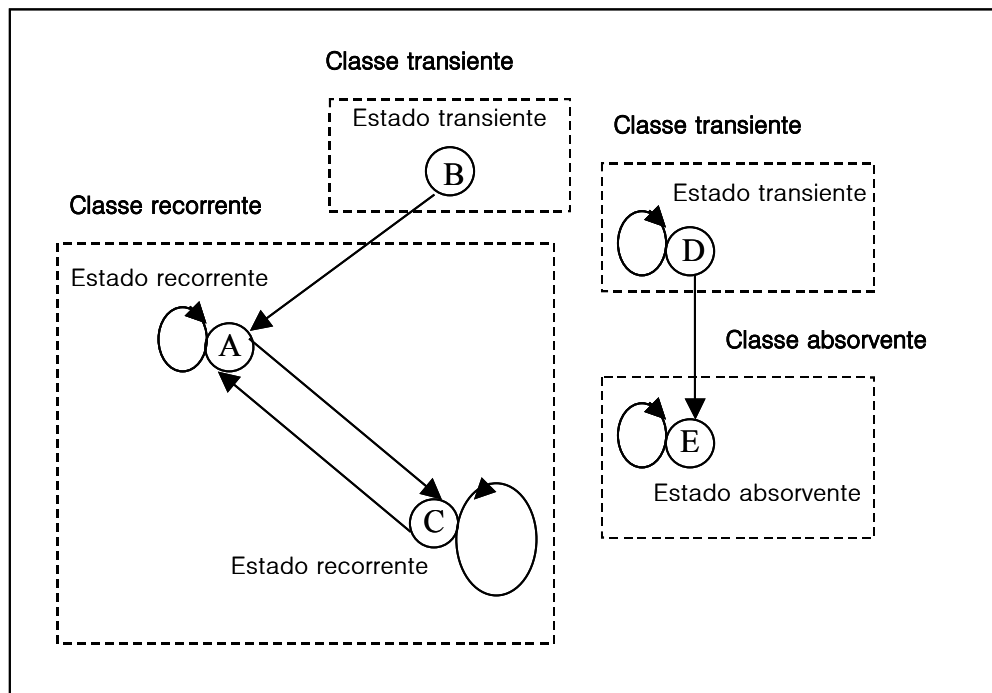


Figura 6.2 Exemplo de classificação de estados e de classes em cadeias de Markov

Qualquer cadeia de Markov pode ser decomposta numa ou mais classes recorrentes e possivelmente em um ou mais estados transientes. Um estado recorrente é acessível por todos os estados recorrentes da sua classe (A,C) mas não é acessível por estados recorrentes de outras classes (E). Diferentemente, um estado transiente não é acessível por nenhum estado recorrente (B e D). Pelo menos um ou possivelmente mais estados recorrentes são acessíveis de um dado estado transiente. Quando uma cadeia de Markov é formada por uma única classe designa-se por irreduzível.

As séries temporais discretas de categorias de severidade da seca são constituídas por uma única classe recorrente, o que quer dizer que, partindo de um dado estado de severidade de seca, pode ser atingido qualquer outro estado.

6.2.2. Dificuldades na aplicação

A aplicação de cadeias de Markov em hidrologia reveste-se de algumas dificuldades. Entre estas destacam-se (Haan, 1977):

- A determinação do número de estados a utilizar;
- A determinação dos intervalos de valores da variável a associar a cada estado;
- A atribuição de um valor à magnitude de um evento, uma vez que o seu estado tenha sido determinado;
- A estimação de um grande número de parâmetros envolvidos, visto que uma cadeia de Markov com e estados requer a estimação de $e(e-1)$ parâmetros;
- A modelação de situações em que algumas transições entre estados dependem de vários momentos anteriores enquanto outras dependem apenas do intervalo de tempo anterior.

Isaacson e Madsen (1976) salientam que, ao analisar qualquer aplicação de cadeias de Markov deve-se procurar dar resposta às seguintes questões:

- Os estados foram escolhidos de forma razoável?
- A propriedade de Markov verifica-se?
- As probabilidades de transição foram determinadas de forma razoável?
- O processo é estacionário?

Deve no entanto ter-se em conta que os modelos visam uma aproximação à realidade, que é sempre mais complexa que qualquer modelo. Logo, mesmo que certas condições não sejam inteiramente satisfeitas, a utilidade e aplicabilidade dos modelos a situações reais são determinantes para a sua utilização.

6.2.3. Modelação da transição entre classes de seca por cadeias de Markov homogéneas

Considerando uma série mensal de um índice de seca (SPI), a cada valor do índice faz-se corresponder uma dada classe de severidade (Quadro 3.2) obtendo-se uma série temporal discreta de classes de severidade de seca. Na formulação homogénea, assume-se que a probabilidade de transição entre duas quaisquer classes de severidade de seca depende apenas dessas mesmas classes e não do tempo (mês) em que se verificam.

A aplicação deste modelo permite estimar: a) as probabilidades de transição entre classes de severidade de seca; b) as probabilidades de ocorrência das diferentes classes; c) o valor esperado do tempo de permanência ou duração de cada classe; d) o tempo esperado para mudar de uma dada classe de severidade i para outra classe j ; e) o tempo de recorrência para cada classe de severidade.

6.2.3.1 Probabilidades e probabilidades de transição

Considere-se uma cadeia de Markov de primeira ordem, homogénea no tempo.

A probabilidade de transição p_{ij} representa a probabilidade de um estado i ser seguido por um estado j . Se o processo assumir e estados, podem ser definidas e^2 probabilidades de transição. A matriz $\mathbf{P} = [p_{ij}]$ designada por matriz de transição de probabilidades verifica a propriedade

$$\sum_j p_{ij} = 1, \quad \forall i, j \quad (6.2)$$

sendo $p_{ij} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$

Uma matriz com esta propriedade designa-se matriz estocástica.

Assim, num processo de Markov com e estados, é necessário estimar $e(e-1)$ parâmetros, correspondentes às e^2 probabilidades de transição entre estados, dado que a soma das linhas da matriz obedece à Equação 6.2. A função de verosimilhança $L(\underline{\theta} | \underline{x})$, que traduz a probabilidade conjunta de observar os valores amostrais, em que $\underline{\theta}$ representa o vector de parâmetros e \underline{x} o vector das observações, é dada por:

$$L(\underline{\theta} | \underline{x}) = P(x_0) \prod_{\forall i, j} p_{ij}^{n_{ij}} \quad (6.3)$$

onde n_{ij} representa o número observado de transições entre o estado i e o estado j e $P(x_0)$ a probabilidade do estado inicial.

Os parâmetros do modelo são estimados pela maximização da função de verosimilhança. Deste modo, a matriz das probabilidades de transição, \mathbf{P} , é estimada a partir da amostra, calculando n_{ij} (Anderson e Goodman, 1957). Este estimador, consistente e com distribuição assintótica normal é obtido por:

$$\hat{p}_{ij} = n_{ij} / n_{i.} = n_{ij} / \sum_j n_{ij} \quad (6.4)$$

A confiança nas estimativas das probabilidades de transição depende de duas condições:

a) o processo de geração de dados a partir do qual a amostra foi obtida deverá ser um processo de Markov; b) as estimativas devem ser baseadas em amostras grandes por forma a que as propriedades assintóticas dos estimadores se verifiquem. São pois necessárias amostras grandes para obter boas estimativas de p_{ij} , principalmente quando o seu valor é baixo. Por outro lado, quanto maior o número de estados em que o processo está dividido menos rigorosas são as estimativas (Haan, 1977).

Uma cadeia de Markov é completamente especificada pela matriz de transição de probabilidades e pela distribuição de probabilidades do estado inicial.

A probabilidade de a cadeia no momento $t + m$ se encontrar no estado i_m , tendo passado sucessivamente pelos estados i_1, i_2, \dots, i_{m-1} sabendo que no momento t se encontrava no estado i_0 é obtida através do produto das sucessivas probabilidades de transição entre estados:

$$P(X_{t+1} = i_1, \dots, X_{t+m} = i_m | X_t = i_0) = p_{i_0 i_1} p_{i_1 i_2} \cdots p_{i_{m-1} i_m} \quad (6.5)$$

Uma vez conhecidas a distribuição inicial $P(X_0 = i) = \pi_0(i)$ e a matriz de transição \mathbf{P} , a distribuição conjunta X_0, X_1, \dots, X_m está completamente especificada. Tem-se então:

$$P(X_0 = i_0, X_1 = i_1, \dots, X_m = i_m) = \pi_0(i_0) p_{i_0 i_1} p_{i_1 i_2} \cdots p_{i_{m-1} i_m} \quad (6.6)$$

A probabilidade de que a cadeia se mova do estado i para o estado j em m passos corresponde ao elemento (i, j) de \mathbf{P}^m :

$$P(X_{t+m} = j | X_t = i) = p_{ij}^m \quad \forall i, j \in E \quad (6.7)$$

Verifica-se ainda que

$$\mathbf{P}^{m+n} = \mathbf{P}^m \mathbf{P}^n \quad \forall m, n \in N \quad (6.8)$$

Isto significa que, tendo o processo X começado no estado i , para que chegue ao estado j depois de $m + n$ transições deverá estar num qualquer estado intermédio k a seguir ao estado m e transitar do estado k para o estado j nos n passos que restam, o que é traduzido pela equação de Chapman–Kolmogorov (Çinlar, 1975; Isaacson e Madsen, 1976):

$$p_{ij}^{m+n} = \sum_k p_{ik}^m p_{kj}^n \quad (6.9)$$

A probabilidade de a cadeia no momento $m + n$ se encontrar no estado i_m , tendo passado sucessivamente pelos estados i_1, i_2, \dots, i_{m-1} , sabendo que no momento n se encontrava no estado i_0 , é obtida através do produto das sucessivas probabilidades de transição entre estados:

$$P(X_{n+1} = i_1, \dots, X_{n+m} = i_m | X_n = i_0) = p_{i_0 i_1} p_{i_1 i_2} \cdots p_{i_{m-1} i_m} \quad (6.10)$$

Considerando o número de estados (classes ou categorias) de severidade da seca, $\#E = 4$, com os estados $i = 1, 2, 3, 4$ com grau crescente de severidade (“Não-Seca”, “Seca Ligeira”, “Seca Moderada” e “Seca Severa ou Extrema”) a tabela de contingência ou matriz de frequências absolutas de transição entre estados é dada por:

Quadro 6.1 Matriz de transição entre estados de seca

t	$t+1$			
	Não-Seca	Ligeira	Moderada	Severa/Extrema
Não-Seca	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}
Ligeira Ligeira	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}
Moderada	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{34}
Severa/Extrema	n_{41}	n_{42}	n_{43}	n_{44}

A probabilidade de que a classe de severidade da seca num dado mês se mantenha no mês seguinte, $\hat{P}_{\text{permanencia}}$, pode estimar-se transformando a soma da diagonal da matriz em frequências relativas:

$$\hat{P}_{\text{permanencia}} = \frac{\sum_i n_{ii}}{N} \quad (6.11)$$

A probabilidade de que a transição, dum mês para o mês seguinte ($t \rightarrow t+1$) se dê para uma categoria mais húmida, \hat{P}_{+hum} , estima-se transformando a soma dos elementos abaixo da diagonal em frequências relativas:

$$\hat{P}_{+hum} = \frac{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij}}{N} \quad (6.12)$$

A probabilidade de que a transição se dê para uma categoria mais seca, \hat{P}_{+seca} , corresponde à transformação da soma dos elementos acima da diagonal em frequências relativas:

$$\hat{P}_{+seca} = \frac{\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=i+1}^s n_{ij}}{N} \quad (6.13)$$

O número total de transições, N , é obtido por $N = \sum_i \sum_j n_{ij}$.

6.2.3.2. Estado de equilíbrio e distribuição de probabilidades da cadeia

A longo prazo, a probabilidade de transição da cadeia de i para j em n passos, p_{ij}^n , sendo n suficientemente grande, pode convergir para valores de equilíbrio que não dependem do estado inicial. A convergência apenas pode ser assegurada quando a cadeia é formada por uma só classe recorrente não periódica.

Na modelação das séries temporais de estados de severidade da seca, a convergência é assegurada pois as cadeias de Markov são formadas por uma só classe recorrente, com todos os estados acessíveis entre si e podendo ser visitados um número infinito de vezes.

Considerando então uma cadeia de Markov com uma única classe recorrente, não periódica, a probabilidade de equilíbrio do estado j , π_j , é independente do estado inicial da cadeia (Isaacson and Madsen, 1976) e é definida por:

$$\pi_j = \lim_{t \rightarrow \infty} P(X_t = j) = \lim_{t \rightarrow \infty, \forall i} P(X_t = j | X_0 = i) \quad (6.14)$$

Os valores de π_j são a solução única do sistema de equações:

$$\begin{cases} \pi_j = \sum_{k \in E} \pi_k p_{kj}, j \in E \\ 1 = \sum_{j \in E} \pi_j \end{cases} \quad (6.15)$$

onde p_{kj} é a probabilidade de transição entre o estado k e o estado j .

O vector Π pode também ser obtido pela potenciação sucessiva da matriz de probabilidades de transição. Para n suficientemente grande, as linhas da matriz \mathbf{P}^n são todas iguais entre si e correspondem ao vector Π .

A probabilidade de equilíbrio, π_j , corresponde à fracção esperada de tempo em que, a longo prazo, a cadeia está no estado j .

6.2.3.3 Tempo médio de permanência ininterrupta no estado i

O processo permanece no estado i sem migrar para outro estado durante m períodos de tempo quando $\{X_1 = i = X_2 = \dots = X_{m-1} | X_0 = i\}$.

Sendo m o número de períodos de tempo de permanência ininterrupta num dado estado i , tem-se, para $m = 1, m = 2, \dots$:

$$P(m = 1 | X_0 = i) = P(X_1 \neq i | X_0 = i) \quad (6.16)$$

$$P(m = 2 | X_0 = i) = P(X_2 \neq i | X_0 = i, X_1 = i) \quad \dots \quad (6.17)$$

Assim, a probabilidade de permanência da cadeia no estado i durante m períodos de tempo, $P(X_1 = i = \dots = X_{m-1}, X_m \neq i | X_0 = i)$, é igual ao produto das probabilidades de transição sucessivas entre X_0 e X_m , e é dada por:

$$\begin{aligned} &P(X_1 = i | X_0 = i) P(X_2 = i | X_1 = i) \dots P(X_{m-1} = i | X_{m-2} = i) P(X_m \neq i | X_{m-1} = i) = \\ &= p_{ii}^{m-1} (1 - p_{ii}) \end{aligned} \quad (6.18)$$

O cálculo das probabilidades para os vários eventos que definem uma estadia ininterrupta na classe i envolvem a multiplicação sucessiva do elemento diagonal da matriz de transição por si próprio.

Uma vez calculadas as probabilidades de permanência ininterrupta no estado i durante $m = 1, 2, \dots, T$ períodos de tempo, o valor esperado para o tempo de residência ininterrupta no estado i , $E(T_i | X_0 = i)$, é dado por:

$$E(T_i | X_0 = i) = \sum_t t P(m = t | X_0 = i) \quad (6.19)$$

O tempo de permanência ininterrupta é um indicador da persistência dos vários estados na cadeia.

6.2.3.4 Tempo médio para a primeira visita ao estado j

Além do tempo de permanência em cada estado também se pode calcular o tempo esperado, t_{ij} , para atingir pela primeira vez o estado j partindo do estado i com

$$t_{ij} = E[\text{nº de transições para chegar a } j \text{ pela 1ª vez, partindo de } i]$$

O tempo esperado para a primeira visita ao estado j é solução única do sistema de equações lineares

$$t_{ij} = 1 + \sum_{k \neq j} p_{ik} t_{kj} \quad \forall i, j \in E \quad (6.20)$$

sendo p_{ik} a probabilidade de transição entre o estado i e o estado k .

Em particular, se $i = j$ tem-se t_{ii} , que corresponde ao tempo médio de recorrência do estado i ; t_{ii} pode também ser obtido por

$$t_{ii} = \frac{1}{\pi_i} \quad (6.21)$$

onde π_i é a probabilidade de equilíbrio do estado i (Equação 6.14).

6.2.3.5 Previsões a curto prazo

Dado que as cadeias de Markov não são modelos adequados para previsões a longo prazo, consideram-se apenas previsões a curto prazo, com um, dois ou, no máximo, três meses de antecedência.

Uma metodologia de previsão com m meses de antecedência consiste na avaliação probabilística de todos os caminhos possíveis que, partindo do estado actual, conduzam a um qualquer estado futuro, m meses depois.

O estado mais provável para um horizonte de previsão de m meses é aquele para o qual o valor de $P(X_{t+m} | X_t = i)$ é máximo. Considerando um espaço de estados $E = \{1, 2, \dots, e\}$, com e estados, a aplicação desta metodologia para a obtenção do estado mais provável relativo a um horizonte de previsão de um, dois e três meses, respectivamente, implica o cálculo de:

$$P(X_{t+1} = j | X_t = i) \quad (6.22)$$

$$P(X_{t+2} = j | X_t = i) = \sum_{k \in E} P(X_{t+2} = j | X_{t+1} = k) \cdot P(X_{t+1} = k | X_t = i) \quad (6.23)$$

$$\begin{aligned} P(X_{t+3} = j | X_t = i) &= \\ &= \sum_{l \in E} \sum_{k \in E} P(X_{t+3} = j | X_{t+2} = l) \cdot P(X_{t+2} = l | X_{t+1} = k) \cdot P(X_{t+1} = k | X_t = i) \end{aligned} \quad (6.24)$$

para $i \in E$, $j, k, l = 1, \dots, e$.

Assim, o estado mais provável relativo a um horizonte de previsão de m meses corresponderá ao valor de j para o qual a probabilidade $P(X_{t+m} = j | X_t = i)$ é máxima.

6.2.4. Modelação da transição entre classes de seca por cadeias de Markov não-homogéneas

Na formulação homogénea a probabilidade de transição entre os estados i e j , depende apenas desses estados enquanto a formulação não-homogénea faz depender a probabilidade de transição não apenas dos estados mas também dos meses em que se verifica essa transição.

A modelação de séries de índices de seca mensais através de cadeias de Markov pode ser feita não estabelecendo qualquer diferenciação entre meses. Neste caso, a probabilidade de transição entre estados depende apenas do estado actual e do estado observado no mês anterior sendo estimada a partir da série temporal do índice em cada local. Quando se considera que a probabilidade de transição depende não só do estado actual mas também do mês em este que foi observado, a modelação não-homogénea poderá ser mais adequada do que a homogénea. Na aplicação desta formulação para avaliar as transições entre estados ou classes de severidade de seca, faz-se a separação, para cada mês do calendário t ($t = 1, \dots, 12$), das transições ($t \rightarrow t+1$) entre diferentes estados em vez de considerar toda a série temporal, referente ao período em análise.

6.2.4.1 Probabilidades e probabilidades de transição

Numa cadeia de Markov não-homogénea a probabilidade condicional $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$ depende não só dos estados i e j mas também de t .

Assim, tem-se:

$$p_{ij}^{(t,t+1)} = P(X_{t+1} = j | X_t = i), \quad \forall i, j \in E \quad (6.25)$$

Consideram-se doze matrizes mensais de probabilidades de transição, $\mathbf{P}^{(Mês)}$ que descrevem as transições entre estados dado o mês inicial. Assim, as matrizes $\mathbf{P}^{(Jan)}$, $\mathbf{P}^{(Fev)}$, ..., $\mathbf{P}^{(Dez)}$ contêm as probabilidades de transição entre Janeiro e Fevereiro, Fevereiro e Março, ..., Dezembro e Janeiro, respectivamente. Considera-se que as probabilidades de transição entre meses dependem apenas dos meses considerados e não dos anos, mantendo-se constantes ao longo de todo o período em análise.

6.2.4.2 Estado de equilíbrio e distribuição de probabilidades da cadeia

À semelhança do que foi referido para uma cadeia homogénea, admite-se que, a longo prazo, a probabilidade de transição da cadeia do estado i no mês t para o estado j no mês $t+n$, em n passos, com n suficientemente grande, converge para valores de equilíbrio que não dependem do estado inicial. O mês t poderá ser um qualquer dos doze meses do ano ($t=1,2,\dots,12$) e a transição é de natureza cíclica, isto é, as probabilidades de transição entre os meses 15 e 16, por exemplo, são iguais às probabilidades de transição entre os meses 2 e 3.

No caso de uma cadeia não homogénea com 12 matrizes mensais de transição, existem 12 vectores de distribuição de probabilidades do estado de equilíbrio. A sua estimativa baseia-se no produto sucessivo de matrizes de transição mensais. Quando se atingir uma matriz estocástica com linhas idênticas, esta é independente do estado inicial da cadeia; qualquer das linhas corresponde ao vector de distribuição de probabilidades do estado de equilíbrio, $\pi^{(Mês)}$.

Assim, para o mês de Outubro, a matriz estocástica estima-se por:

$$\Theta^{(Out, \infty)} = \left\{ \mathbf{P}^{(Out)} \mathbf{P}^{(Nov)} \dots \mathbf{P}^{(Ago)} \mathbf{P}^{(Set)} \right\} \cdot \left\{ \mathbf{P}^{(Out)} \mathbf{P}^{(Nov)} \dots \mathbf{P}^{(Ago)} \mathbf{P}^{(Set)} \right\} \dots \quad (6.26)$$

sendo $\pi^{(Out)}$ uma qualquer linha de $\Theta^{(Out, \infty)}$.

Para o mês de Novembro tem-se:

$$\Theta^{(Nov, \infty)} = \left\{ \mathbf{P}^{(Nov)} \dots \mathbf{P}^{(Ago)} \mathbf{P}^{(Set)} \mathbf{P}^{(Out)} \right\} \cdot \left\{ \mathbf{P}^{(Nov)} \dots \mathbf{P}^{(Ago)} \mathbf{P}^{(Set)} \mathbf{P}^{(Out)} \right\} \dots \quad (6.27)$$

donde resulta (Lohani et al, 1998)

$$\Theta^{(Nov, \infty)} = \Theta^{(Out, \infty)} \mathbf{P}^{(Out)} \quad (6.28)$$

com

$$\pi^{(Nov)} = \pi^{(Out)} \mathbf{P}^{(Out)} \quad (6.29.a)$$

e, para os outros meses,

$$\pi^{(Dez)} = \pi^{(Nov)} \mathbf{P}^{(Nov)} \quad (6.29.b)$$

$$\pi^{(Jan)} = \pi^{(Dez)} \mathbf{P}^{(Dez)} \quad (6.29.c)$$

...

$$\pi^{(Ago)} = \pi^{(Jul)} \mathbf{P}^{(Jul)} \quad (6.29.d)$$

$$\pi^{(Set)} = \pi^{(Ago)} \mathbf{P}^{(Ago)} \quad (6.29.e)$$

A probabilidade de equilíbrio $\pi_j^{(Mês)}$ corresponde à fracção esperada de tempo em que a cadeia está no estado j num dado mês.

6.2.4.3 Tempo médio de permanência ininterrupta no estado i dado o mês inicial

A probabilidade de permanência ininterrupta da cadeia num estado i durante m meses depende do mês inicial pois as probabilidades de transição entre estados são definidas para cada mês. Assim, sendo m o número de períodos de tempo de permanência ininterrupta numa dada classe j , e considerando o mês inicial t_0 ($t_0 = 1, 2, \dots, 12$) tem-se:

$$P(m=1 | X_{t_0} = j) = P(X_{t_0+1} \neq j | X_{t_0} = j) \quad (6.30)$$

$$P(m=2 | X_{t_0} = j) = P(X_{t_0+2} \neq j | X_{t_0} = j, X_{t_0+1} = j), \dots \quad (6.31)$$

Por exemplo, a probabilidade de uma permanência ininterrupta de 3 meses na classe j , sabendo que a cadeia no mês inicial, Novembro, se encontra na classe j , é dada por:

$$\begin{aligned} P(m=3 | X_{Nov} = j) &= P(X_{Fev} \neq j | X_{Nov} = j, X_{Dez} = j, X_{Jan} = j) = \\ &= p_{jj}^{(Nov)} p_{jj}^{(Dez)} (1 - p_{jj}^{(Jan)}) \end{aligned} \quad (6.32)$$

As equações 6.30 e 6.31 apenas diferem, em termos de notação, das equações 6.16 e 6.17, referentes à formulação homogénea, na consideração do mês inicial. Aqui, o estado inicial no mês inicial é indicado por X_{t_0} enquanto que nas cadeias homogéneas é indicado por X_0 .

À semelhança do que acontece com as cadeias homogéneas, o valor esperado para o tempo de residência ininterrupta na classe i , dado o mês inicial t_0 , $E(T_i | X_{t_0})$, é dado por:

$$E(T_i | X_{t_0}) = \sum_t t P(m=t | X_{t_0} = i) \quad (6.33)$$

6.2.4.4 Tempo médio para a primeira visita ao estado j dado o estado i num mês inicial

O tempo esperado para atingir pela primeira vez o estado j , partindo no mês inicial t_0 do estado i , $t_{ij}^{(t_0)}$, é solução única do sistema de equações lineares:

$$t_{ij}^{(t_0)} = 1 + \sum_{k \neq j} p_{ik}^{(t_0, t_0+1)} t_{kj}^{(t_0+1)} \quad \forall i, j \in E \quad (6.34)$$

sendo $p_{ik}^{(t_0, t_0+1)}$ a probabilidade de transição entre o estado i , no mês t_0 e o estado k , no mês seguinte, $t_0 + 1$.

Assim, por exemplo, para estimar o tempo médio que a cadeia demora a atingir pela primeira vez o estado j partindo, no mês de Outubro do estado i , tem-se:

$$t_{ij}^{(Out)} = 1 + \sum_{k \neq j} p_{ik}^{(Out, Nov)} t_{kj}^{(Out)} \quad \forall i, j \in E \quad (6.34a)$$

Em particular, se $i = j$ tem-se $t_{ii}^{(t_0)}$, o tempo médio de recorrência do estado i , no mês t_0 ; $t_{ii}^{(t_0)}$ pode também ser obtido por

$$t_{ii}^{(t_0)} = \frac{1}{\pi_i^{(t_0)}} \quad (6.35)$$

onde $\pi_i^{(t_0)}$ é a probabilidade de equilíbrio do estado i , no mês t_0 .

6.2.4.5 Previsões a curto prazo

A metodologia de previsão descrita para cadeias de Markov homogêneas foi aplicada a cadeias de Markov não homogêneas; as probabilidades de transição entre estados são, neste caso, dependentes do mês actual. Assim, para obtenção do estado mais provável relativo a um horizonte de previsão de um, dois e três meses, respectivamente, e para um mês inicial t_0 calculam-se as probabilidades:

$$P(X_{t_0+1} = j | X_{t_0} = i) = p_{ij}^{(t_0)}, \quad (6.36)$$

$$P(X_{t_0+2} = j | X_{t_0} = i) = \sum_k p_{kj}^{(t_0+1)} \cdot p_{ik}^{(t_0)} \quad (6.37)$$

e

$$P(X_{t_0+3} = j | X_{t_0} = i) = \sum_l \sum_k p_{lj}^{(t_0+2)} \cdot p_{kl}^{(t_0+1)} \cdot p_{ik}^{(t_0)} \quad (6.38)$$

para $i \in E$, $j, k, l = 1, \dots, e$.

À semelhança da formulação homogénea, o estado mais provável relativo a um horizonte de previsão de m meses ($m = 1, 2, 3$), dado o mês inicial t_0 , corresponde ao valor de j para o qual a probabilidade $P(X_{t_0+m} = j | X_{t_0} = i)$ é máxima.

6.2.5 Adequação e validação dos modelos de Markov

Para avaliar se o processo em estudo pode ser descrito por uma cadeia de Markov deverá, por um lado, testar-se a hipótese de que a propriedade de Markov se verifica e, por outro, se o modelo utilizado consegue reproduzir algumas propriedades importantes do processo (Salas, 1993).

6.2.5.1 Verificação da propriedade de Markov

A propriedade de Markov requer que as probabilidades de transição p_{ij} sejam de ordem 1, ou seja, a probabilidade de X_{t+1} tomar um dado valor particular j deverá depender do passado apenas através do seu valor mais recente, X_t (Equação 6.1). Se a cadeia de Markov for de uma qualquer ordem superior l ($l = 2, \dots, L$), o estado do processo no momento $t+1$ dependerá de $X_t, X_{t-1}, \dots, X_{(t+1)-l}$.

Assume-se que p_{ij} depende de i ou seja que o processo não é de ordem zero. Os métodos seleccionados para avaliar a propriedade de Markov, uma das hipóteses subjacentes à modelação através de cadeias de Markov, foram os testes da razão de verosimilhança (RV) e o teste do qui-quadrado (Q^2). As estatísticas de ambos os testes têm distribuição assintótica χ^2 dada H_0 .

Para obter a ordem da cadeia de Markov deverá testar-se a ordem 0 *versus* ordem 1; caso a ordem 0 seja rejeitada deverá testar-se a ordem 1 *versus* ordem 2 e assim sucessivamente (Lowry e Guthrie, 1968; Maunder *et al.*, 1971; Bickenbach e Bode, 2003). Se o teste da ordem 0 *versus* ordem 1 for rejeitado e o teste da ordem 1 *versus* ordem 2 não for rejeitado pode assumir-se que o processo é de ordem 1. Se este segundo teste for rejeitado o processo poderá ter uma ordem superior ou eventualmente não ser markoviano.

No teste de ordem 0 *versus* 1 estabelecem-se a hipótese nula e a hipótese alternativa tal que $H_0 : p_{ij} = p_j \forall i (i = 1, \dots, e)$ i.e. $P(X_{t+1} = j | X_t = i) = P(X_{t+1} = j)$ e $H_1 : \exists i : p_{ij} \neq p_j$, ou seja, $P(X_{t+1} = j | X_t = i) \neq P(X_{t+1} = j)$.

As estatísticas RV e Q^2 são obtidas por:

$$RV(0) = 2 \sum_{i=1}^e \sum_{j \in E_i} n_{ij} \ln \frac{\hat{p}_{ij}}{\hat{p}_i} \sim \chi^2((e-1)^2) \quad (6.39)$$

$$Q^2(0) = \sum_{i=1}^e \sum_{j=1}^e n_{ij} \frac{(\hat{p}_{ij} - \hat{p}_j)^2}{\hat{p}_j} \sim \chi^2((e-1)^2) \quad (6.40)$$

onde $\hat{p}_j = n_{.j}/n_{..} = \sum_i n_{ij} / \sum_i \sum_j n_{ij}$ e E_i é o conjunto de transições não nulas entre t e $t+1$.

No teste de ordem 1 *versus* 2 estabelecem-se a hipótese nula e a hipótese alternativa tal que $H_0: p_{kij} = p_{ij} \ (k=1, \dots, e) \ i.e. \ P(X_{t+2} = j | X_{t+1} = i, X_t = k) = P(X_{t+2} = j | X_{t+1} = i)$ e $H_1: \exists k: p_{kij} \neq p_{ij}, \ i.e. \ P(X_{t+2} = j | X_{t+1} = i, X_t = k) \neq P(X_{t+2} = j | X_{t+1} = i)$.

As estatísticas RV e Q^2 são neste caso obtidas por:

$$RV(1) = 2 \sum_{k=1}^e \sum_{i=1}^e \sum_{j \in E_{ki}} n_{kij} \ln \frac{\hat{p}_{kij}}{\hat{p}_{ij}} \sim \chi^2((e_i - 1)(v_i - 1)) \quad (6.41)$$

$$Q^2(1) = \sum_{k=1}^e \sum_{i=1}^e \sum_{j \in E_{ki}} n_{ki} \frac{(\hat{p}_{kij} - \hat{p}_{ij})^2}{\hat{p}_{ij}} \sim \chi^2((e_i - 1)(v_i - 1)) \quad (6.42)$$

onde $\hat{p}_{kij} = n_{kij} / n_{ki}$, sendo n_{kij} o número de transições do estado k , no instante t , para o estado i no instante $t+1$ e para o estado j no instante $t+2$ e n_{ki} o número de transições do estado k , no instante t , para o estado i no instante $t+1$, $E_i = \{j: \hat{p}_{ij} > 0\}$, $e_i = \#E_i$, $E_{ki} = \{j: \hat{p}_{kij} > 0\}$ e $v_i = \#V_i = \#\{k: n_{ki} > 0\}$ o número de transições não nulas n_{ki} .

Apesar de assintoticamente equivalentes, os testes podem fornecer resultados diferentes, nomeadamente quando as matrizes de transição apresentam vários elementos nulos. Enquanto que no somatório da estatística Q^2 as células com valor esperado nulo não são incluídas, na estatística RV o somatório não inclui as células cujos valores observado ou esperado sejam nulos. O valor da contribuição destas células para a estatística de teste é anulado e conseqüentemente os graus de liberdade do teste são reduzidos. Seguindo os critérios propostos por Bishop *et al.* (1975) mantiveram-se no teste RV os graus de liberdade obtidos para o teste Q^2 . Acresce que nos testes de ordem 1 *versus* ordem 2 são

avaliadas 4 sub-amostras respeitantes às transições entre t e $t+2$ dado $t+1$; essas matrizes de transição apresentam frequentemente linhas nulas. Verifica-se que, para uma dada amostra, o erro de Tipo I (rejeitar H_0 sendo H_0 verdadeira) tende a aumentar com o número de sub-amostras consideradas. Por tal facto, Bickenbach e Bode (2003) adoptaram $\alpha = 0,01$ e recomendam algum critério subjectivo na análise dos resultados, justificando-se por vezes a exclusão de observações ou o ajustamento apropriado de α .

Nas matrizes de transição entre estados de severidade de seca (Quadro 6.1), existem sempre transições nulas uma vez que quanto mais afastados os estados menor o número de transições observadas e esperadas, *e.g.* não se observam transições entre as categorias de “Não Seca” e seca “Severa ou Extrema”. Assim, na aplicação desta metodologia para testar a propriedade de Markov, usou-se um nível de significância $\alpha = 0,01$ e adicionalmente compararam-se os resultados obtidos pela modelação através das cadeias de Markov com os valores empíricos observados.

6.2.5.2 Validação de resultados modelo-amostra

Para avaliar a adequação do modelo de Markov ao processo em estudo, para além da verificação da propriedade de Markov, compararam-se os resultados fornecidos pelo modelo com os valores amostrais. Optou-se por uma avaliação através de estatísticas descritivas e não através de inferência estatística, uma vez que não existem testes estatísticos exactos para amostras em que as observações não são independentes (Haan *et al.* 1976). Essa dependência é introduzida no modelo e utilizada para gerar os resultados, que são posteriormente comparados com os valores amostrais.

Assim, as probabilidades de equilíbrio do estado i , π_i (Equações 6.14 e 6.15) e o valor esperado do tempo de permanência ininterrupta no estado i (Equação 6.19) foram comparados com os valores empíricos obtidos da amostra.

6.3 Modelos log-lineares

Os modelos log-lineares foram aplicados no presente estudo para modelar as frequências esperadas das transições entre a classe de seca i , no instante t , e a classe de seca j , no instante $t+1$, E_{ij} . As frequências observadas, O_{ij} , correspondem, nesta aplicação, às transições entre as classes de seca i e j , derivadas do SPI calculado para uma escala de

tempo de 12 meses e são os elementos da matriz de frequências absolutas de transição entre estados (Quadro 6.1), constituindo a variável resposta dos modelos log-lineares.

Dada a existência de vários modelos, torna-se necessário avaliar qual o que melhor se ajusta à matriz de transições em causa.

6.3.1 Modelos seleccionados

De entre vários modelos log-lineares (Nelder, 1974; Agresti, 1984, 1990) – associação linear, efeito de linhas, efeito de colunas, quasi-associação, quasi-independência, quasi-simetria, diagonal, diagonal sem efeito de linha e coluna, diagonal simétrica, diagonal simétrica sem efeito de linha e coluna, dupla diagonal simétrica e dupla diagonal simétrica sem efeito de linha e coluna – alguns já aplicados em Portugal por Fonseca e Coelho (1998) e apresentados exhaustivamente por Ferreira (2004) foram seleccionados os modelos de quasi-associação e de quasi-simetria pois são os que melhor se ajustam às transições entre classes de seca. Apresentam-se de seguida estes dois modelos.

Modelo de quasi-associação

$$\text{Log } E_{ij} = \lambda + \lambda_i^R + \lambda_j^C + \beta u_i v_j + \delta_i I(i = j) \quad (6.43)$$

onde λ é a ordenada na origem, λ_i^R e λ_j^C são os parâmetros associados à linha i e à coluna j , $u_i = i$ e $v_j = j$ são as pontuações atribuídas à linha i e à coluna j , β é o parâmetro de associação linear, δ_i o parâmetro associado ao elemento i da diagonal.

Modelo de quasi-simetria

$$\text{Log } E_{ij} = \lambda + \lambda_i^R + \lambda_j^C + \lambda_{ij}^{RC} I(i < j) + \lambda_{ji}^{RC} I(i > j) \quad (6.44)$$

onde λ_{ij}^{RC} é o parâmetro de simetria com $\lambda_{ij}^{RC} = \lambda_{ji}^{RC}$

Em ambos os modelos $I(c)$ é a função indicatriz definida por

$$I(c) = \begin{cases} 0 & \text{se } c = \text{Falso} \\ 1 & \text{se } c = \text{Verdadeiro} \end{cases} \quad (6.45)$$

6.3.2 Razões de probabilidades favoráveis e intervalos de confiança

Os modelos log-lineares permitem calcular quão mais provável é a transição da classe de seca i para a classe de seca j quando comparada com a transição da classe i para a classe k , analisando o valor da razão de probabilidades favoráveis (*odds*) E_{ij}/E_{ik} , $j \neq k$,

sendo E_{ij} e E_{ik} as frequências esperadas de transição da classe i para a classe j e da classe i para a classe k .

A estimativa de E_{ij}/E_{ik} obtém-se por exponenciação da diferença $\text{Log } E_{ij} - \text{Log } E_{ik}$ onde $\text{Log } E_{ij}$ e $\text{Log } E_{ik}$ são obtidos do modelo respectivo substituindo os parâmetros pelas suas estimativas.

Os intervalos de confiança assintóticos de E_{ij}/E_{ik} , com probabilidade $1-\alpha$ são também obtidos por exponenciação dos correspondentes intervalos de confiança assintóticos para o logaritmo das razões de probabilidades favoráveis,

$$\left[\widehat{\text{Log } O} - z_{1-\alpha/2} \sqrt{\widehat{\text{Var}(\text{Log } O)}}, \widehat{\text{Log } O} + z_{1-\alpha/2} \sqrt{\widehat{\text{Var}(\text{Log } O)}} \right] \quad (6.46)$$

onde $z_{1-\alpha/2}$ é o quantil $1-\alpha/2$ da variável normal reduzida e $\widehat{\text{Log } O}$ o estimador do logaritmo das razões de probabilidades favoráveis, dados por

$$\widehat{\text{Log } O} = \widehat{\text{Log } E_{ij} - \text{Log } E_{ik}} = \widehat{\text{Log } E_{ij}} - \widehat{\text{Log } E_{ik}} \quad (6.47)$$

Quando 1 está incluído no intervalo de confiança as probabilidades de transição representadas pela *odds* respectiva não são significativamente diferentes. Quando ambos os limites do intervalo são superiores a 1 estima-se que a *odds* tem valor superior a 1, o que indica que a probabilidade de transição de i para j é superior à probabilidade de transição de i para k .

Iniciou-se a aplicação destes modelos no âmbito do presente trabalho para estimar *odds* e intervalos de confiança de *odds*. A sua aplicação na caracterização de transições entre classes de seca foi posteriormente desenvolvida por Ferreira (2004), com o estudo de razões de *odds* e seguidamente com a sua aplicação a tabelas de contingência tridimensionais, com o objectivo de modelar transições entre classes de seca do instante t para $t+1$ e de $t+1$ para $t+2$.

6.4 Aplicação das cadeias de Markov às séries locais de SPI-12 e à série regional

Na modelação através de cadeias de Markov utilizaram-se 49 séries mensais do *Standardised Precipitation Index*, calculado numa escala de tempo de 12 meses (SPI-12), referentes às 49 estações udométricas do Alentejo (Figura 4.4). Estas séries têm uma

dimensão $n = 805$ correspondente ao período de Setembro de 1932 a Setembro de 1999. Seguindo a classificação apresentada no Quadro 3.2 consideraram-se quatro classes de seca: “Não-seca” ($SPI \geq 0$), “Seca ligeira” ($-1 < SPI < 0$), “Seca moderada” ($-1,5 \leq SPI < -1$) e “Seca severa ou extrema” ($SPI \leq -1,5$). As classes de “Seca severa” e “Seca extrema” foram fundidas numa única classe devido às baixas frequências das transições de e para estas classes, facto particularmente acentuado quando se considera a formulação não-homogénea.

A seca regional foi também modelada por cadeias de Markov. A severidade da seca regional, derivada das séries locais de SPI-12 e das áreas de influência dos postos, foi definida de acordo com o critério de classificação apresentado na secção 5.2.3 que faz depender a classificação da seca regional, em termos de severidade, de limiares críticos (A_c) variáveis (Quadro 5.17). Nesta modelação consideraram-se para a classificação da seca regional em seca ligeira as áreas de influência de todos os locais em que $-1 < SPI < 0$ estivessem ou não esses meses incluídos em períodos secos. Também para a análise regional se fundiram as classes de seca severa e extrema, pelos motivos apresentados anteriormente.

6.4.1 Adequação do modelo às séries locais de SPI-12 e à série de severidade regional

6.4.1.1 Propriedade de Markov

Na verificação da propriedade de Markov testou-se primeiro a independência entre t e $t+1$, ou seja, a ordem 0 *versus* ordem 1. Esta hipótese foi testada recorrendo apenas à estatística Q^2 , sendo rejeitada com evidência elevada em todos os postos e na região (Quadro C.1, Anexo C). Ao testar a ordem 1 *versus* ordem 2 verifica-se que existem 9 postos em que a hipótese é rejeitada simultaneamente pelos dois testes, Q^2 e RV ($\alpha = 0,01$). Esta hipótese não é rejeitada para a série de severidade regional.

No Quadro 6.2 apresentam-se alguns resultados parciais dos testes Q^2 e RV, referentes ao posto 17L02 onde foi rejeitada a hipótese de processo de Markov de ordem 1 por ambos os testes. No primeiro bloco do quadro cada linha representa a contribuição de uma sub-amostra para as estatísticas de teste. Constata-se que uma seca severa ou extrema (“3”) em $t+1$ contribui com 20,64 num total de 56,2 para Q^2 e com 15,32 num total de 49,07 para RV. Ao considerar as transições entre seca ligeira (“1”) no mês t e seca severa ou extrema (“3”) no mês $t+1$ e qualquer classe de severidade no mês $t+2$ as quais

representam uma parcela dos subtotais referidos anteriormente, verifica-se que tomam valores elevados: 17,73 em 20,64 e 12,66 em 15,32 para Q^2 e RV, respectivamente.

Quadro 6.2 Probabilidades de transição entre estados de seca (N–Não-seca, 1–Seca ligeira, 2–Seca moderada, 3–Seca severa ou extrema) e estatísticas do teste

Classes de seca		Probabilidades de transição $t \rightarrow t+2$				Estatísticas de teste		
t	t+1	N	1	2	3	gl	Q^2	RV
Todas	N	0,891	0,099	0,007	0,002	2	11,25	13,36
Todas	1	0,171	0,724	0,082	0,023	9	16,73	13,04
Todas	2	0	0,266	0,557	0,177	6	8,00	7,35
Todas	3	0	0,145	0,177	0,677	6	20,64	15,32
Total						23	56,62	49,07
1	N	0,727	0,227	0,023	0,023		2,12	10,29
1	1	0,155	0,759	0,059	0,027		1,90	2,03
1	2	0	0,238	0,667	0,095		3,00	1,17
1	3	0	0	0,833	0,167		17,73	12,66
Total							24,75	26,16

Particularizando ainda mais, observaram-se 5 transições de seca ligeira (“1”) no mês t para seca severa ou extrema (“3”) em $t+1$ e seguidamente para seca moderada (“2”) em $t+2$; o número esperado de transições dada H_0 é de 1,1. Esta célula contribui com 14,55 para Q^2 e com 7,73 para RV. A eliminação desta célula e da sua contribuição para as estatísticas de teste levaria à não rejeição de H_0 para $\alpha = 0.01$. Apresentou-se este exemplo para mostrar a forma como a estatística de teste é sensível: os valores observados e esperados numa única célula podem ter um peso elevado na estatística, levando à rejeição de H_0 .

Seguidamente efectuou-se a comparação entre os resultados fornecidos pelo modelo e os valores amostrais, considerando todos os postos, apesar das rejeições da propriedade de Markov por ambos os testes nalguns postos.

6.4.1.2 Comparação de resultados modelo–amostra

A probabilidade de equilíbrio de uma classe de seca j , π_j , corresponde à probabilidade de ocorrência de uma seca com esse grau de severidade e representa a fracção esperada de tempo nessa classe de seca. Foram estimadas as probabilidades de equilíbrio teóricas (Equação 6.15) relativas às quatro classes de seca na totalidade dos postos da região. Obtiveram-se também as probabilidades empíricas, as quais correspondem às frequências relativas amostrais das classes de seca consideradas. Estas probabilidades foram também obtidas utilizando a formulação não-homogénea, para cada mês.

Os resultados referentes à formulação homogênea apresentam-se na Figura 6.3 e no Quadro C.2, Anexo C. Pode observar-se que existe uma boa aproximação entre os resultados amostrais e os resultados fornecidos pelo modelação através das cadeias de Markov. As probabilidades de seca moderada e severa ou extrema estimadas pelo modelo são, de um modo geral, mais elevadas que as frequências amostrais. Pelo contrário, os valores amostrais das probabilidades de “Não-seca” são mais elevados que os fornecidos pelo modelo. Assim, pode concluir-se que o modelo é conservativo no que respeita à identificação das secas, facto esse que poderá considerar-se mais vantajoso do que se a situação contrária se verificasse.

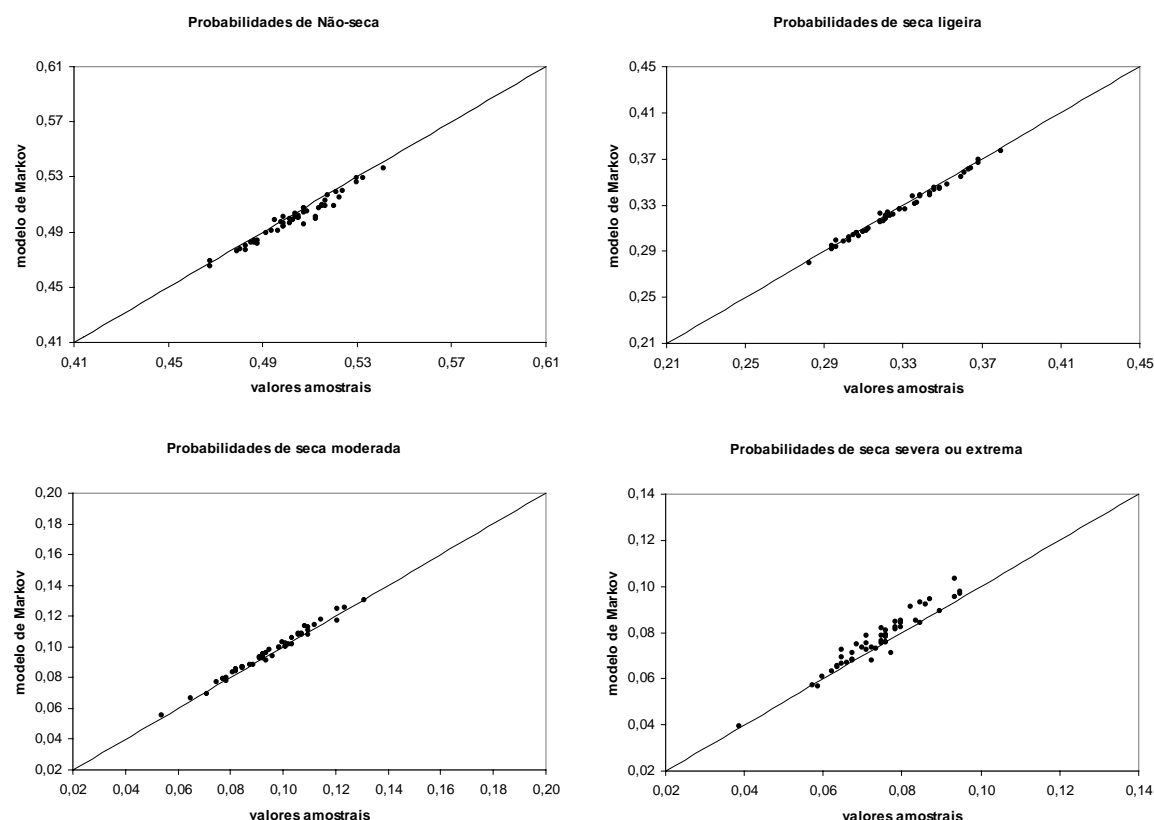


Figura 6.3 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos

A comparação entre os valores empíricos e teóricos dos tempos médios de permanência ininterrupta nas quatro classes de seca consideradas (Quadro C.3, Anexo C) pode visualizar-se na Figura 6.4. Existe uma boa correspondência entre esses valores quando se consideram as classes de “Não-seca” e de seca ligeira. Como seria de esperar, e de acordo com os resultados anteriores, os tempos médios de permanência ininterrupta nas classes de seca moderada e severa ou extrema estimados pelo modelo são superiores aos valores empíricos.

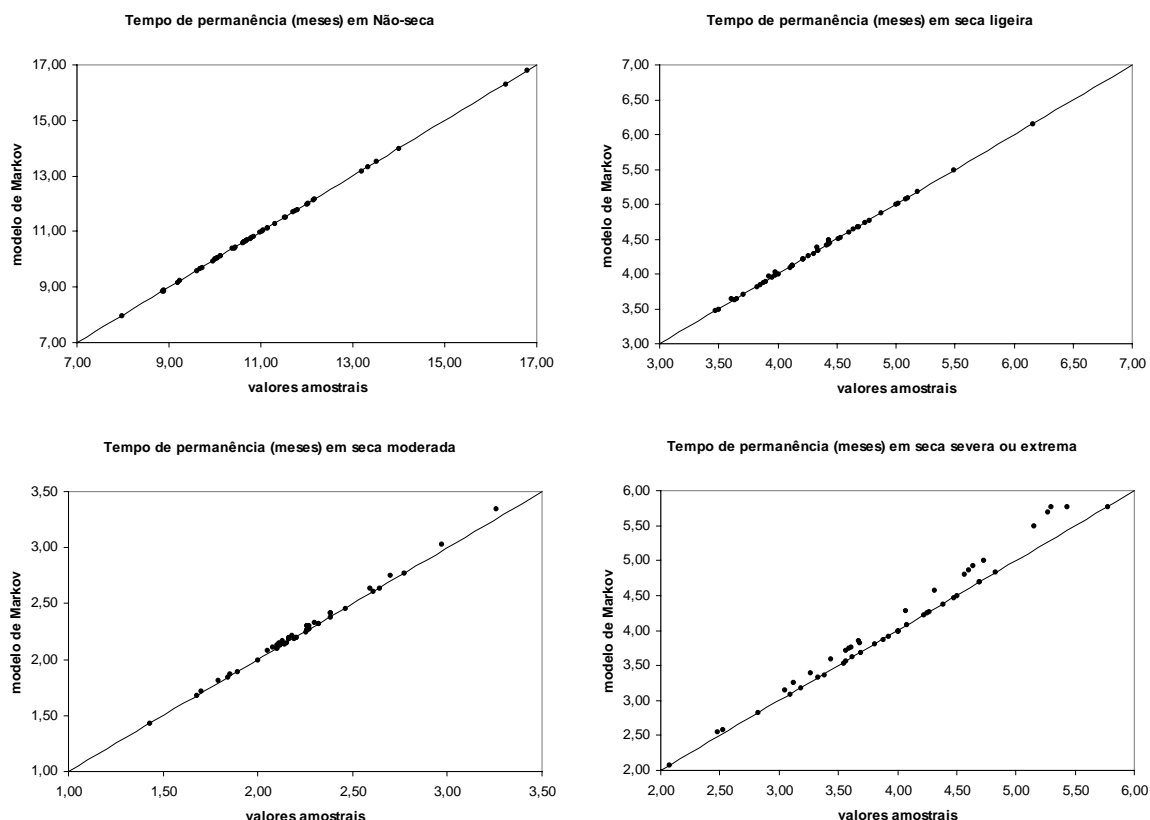


Figura 6.4 Tempo médio empírico e teórico (meses) de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos

Na formulação não-homogénea efectuou-se também a comparação entre valores empíricos e teóricos das probabilidades de ocorrência e dos tempos médios de permanência ininterrupta nas quatro classes de seca dado o mês.

A relação entre as probabilidades empíricas e teóricas referentes aos meses de Outubro, Janeiro e Abril, em 49 postos (Quadro C.4, Anexo C e Figuras 6.5, 6.6 e 6.7) apresenta um padrão semelhante à formulação homogénea.

As probabilidades de seca moderada e de seca severa ou extrema fornecidas pelo modelo são mais elevadas que as frequências relativas amostrais. Esta diferença é maior no mês de Outubro do que em Janeiro ou Abril. Quando se considera a classe de “Não-seca” a relação entre as probabilidades fornecidas pelo modelo e as frequências relativas amostrais inverte-se. De um modo geral, os valores empíricos são superiores aos teóricos embora a diferença seja mais acentuada em Outubro do que em Abril ou em Janeiro.

As probabilidades de seca ligeira empíricas e teóricas são semelhantes em Janeiro e Abril; no entanto, em Outubro o modelo fornece valores inferiores para a maior parte dos postos.

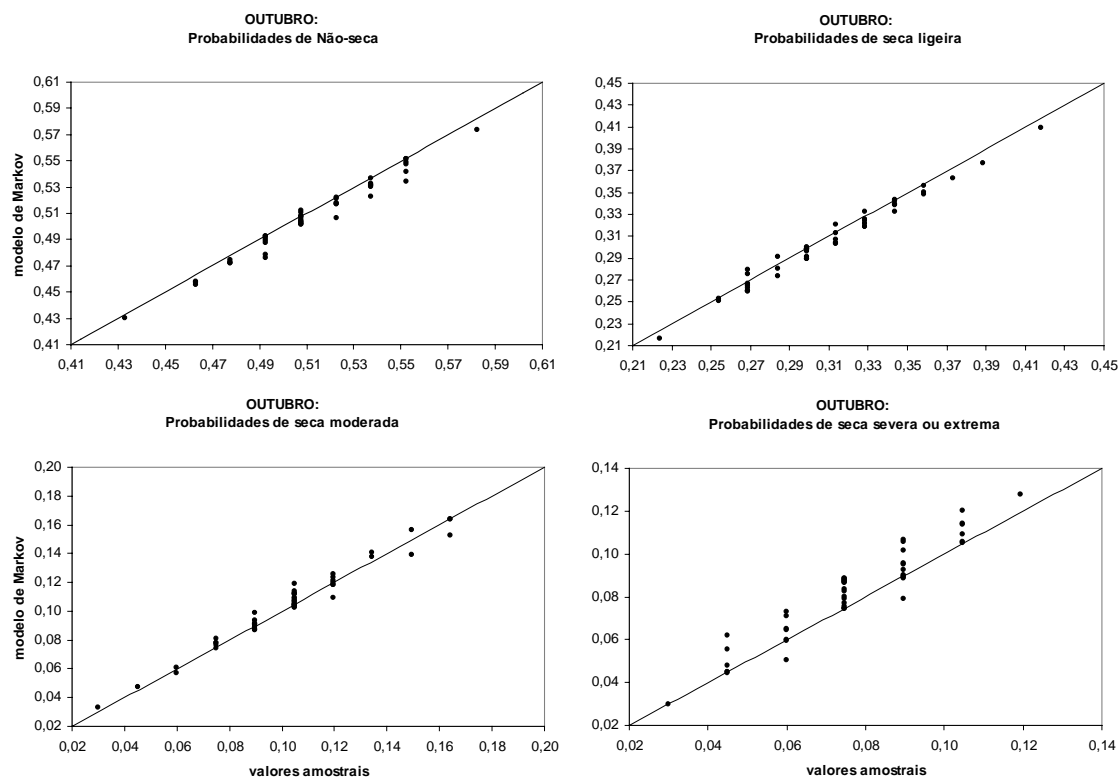


Figura 6.5 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos, em Outubro

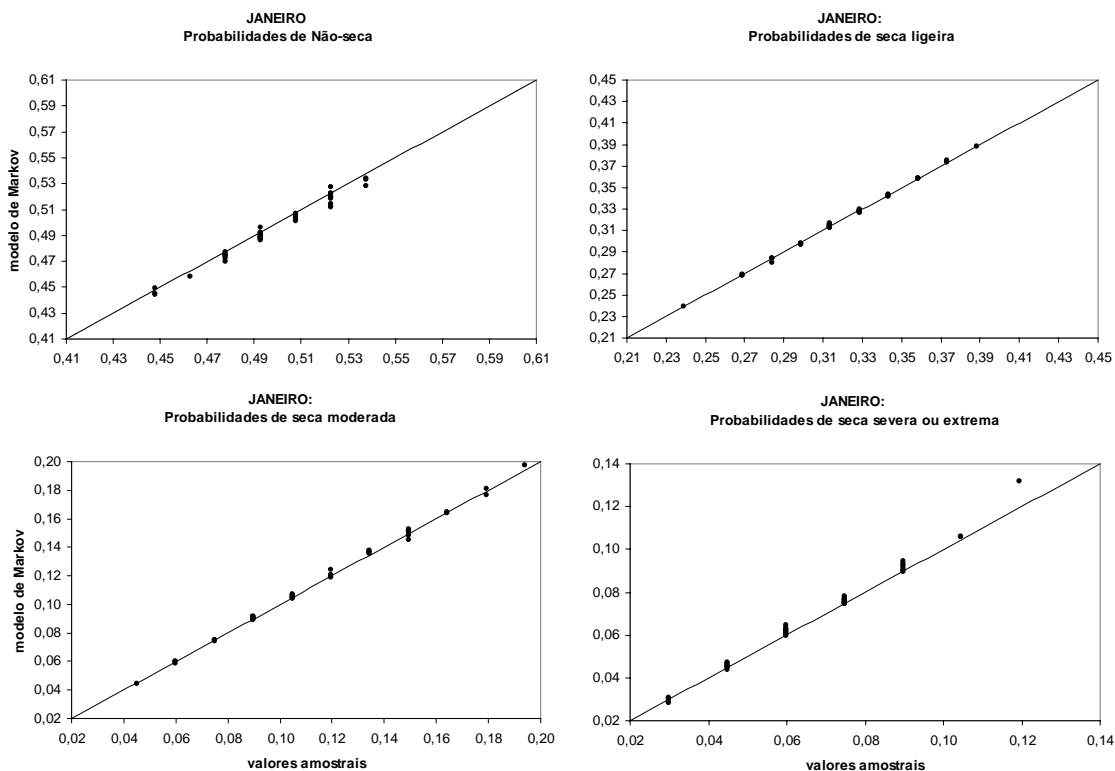


Figura 6.6 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos, em Janeiro

Compararam-se também os valores empíricos e os valores derivados do modelo de Markov do tempo de permanência ininterrupta em cada classe de seca, dado o mês. Para tal, efectuou-se uma contagem, por cada classe de seca e em cada mês, dos postos em que o tempo de permanência ininterrupta fornecido pelo modelo é superior ou inferior ao correspondente valor empírico.

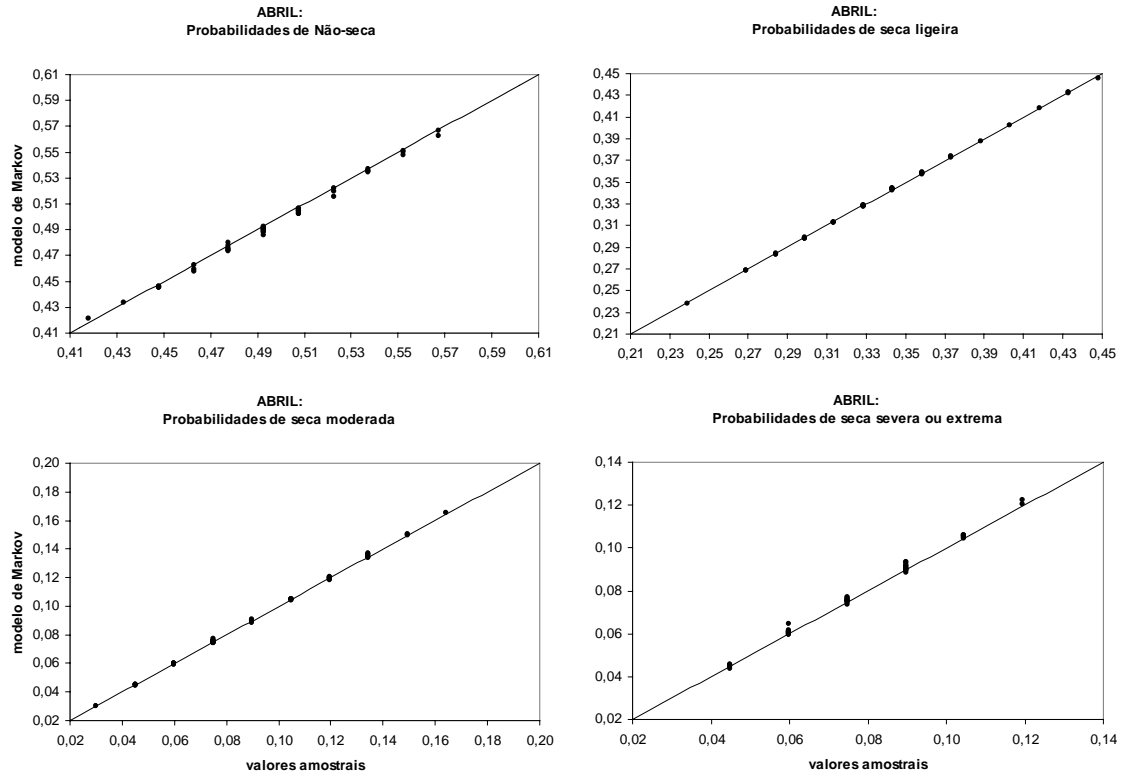


Figura 6.7 Probabilidades empíricas e teóricas de ocorrência de Não-seca, seca ligeira, seca moderada e seca severa ou extrema nos 49 postos, em Abril

Calculou-se o coeficiente de correlação linear r e o desvio relativo médio \bar{s}_{rel} entre os valores teóricos e empíricos. O desvio relativo médio, considerando y o valor teórico do tempo esperado de permanência num dado mês e numa dada classe de seca e x o correspondente valor empírico, é obtido por:

$$\bar{s}_{rel} = \sum_{i=1}^{49} \frac{|y_i - x_i|}{y_i} \quad (6.43)$$

No Quadro 6.3 apresenta-se a percentagem de postos, num total de 49, em que os tempos esperados de permanência ininterrupta fornecidos pelo modelo são superiores e inferiores aos valores amostrais, o coeficiente de correlação linear, r , e o desvio relativo

médio entre os tempos esperados teóricos e empíricos, \bar{s}_{rel} , nas diferentes classes de seca, em cada mês.

Quadro 6.3 Comparação entre os valores teóricos e empíricos do tempo esperado de permanência ininterrupta, num dado mês, nas várias classes de seca

Comparação entre o modelo (M) e a amostra (E) quanto ao tempo esperado de permanência ininterrupta																
Mês	Não-seca				Seca ligeira				Seca moderada				Seca severa/extrema			
	% postos com		r	\overline{s}_{rel}	% postos com		r	\overline{s}_{rel}	% postos com		r	\overline{s}_{rel}	% postos com		r	\overline{s}_{rel}
	M>E	M<E			M>E	M<E			M>E	M<E			M>E	M<E		
OUT	31	69	0,54	0,14	49	51	0,54	0,14	59	35	0,87	0,10	45	41	0,65	0,31
NOV	16	84	0,51	0,22	49	51	0,51	0,16	65	31	0,86	0,11	35	53	0,67	0,50
DEZ	4	96	0,49	0,34	33	67	0,46	0,21	57	35	0,71	0,12	12	86	0,44	1,10
JAN	2	98	0,51	0,41	8	92	0,58	0,36	57	43	0,46	0,17	10	90	0,26	0,98
FEV	0	100	0,52	0,39	0	100	0,60	0,53	43	51	0,63	0,21	2	98	0,40	1,01
MAR	4	96	0,49	0,37	0	100	0,55	0,61	51	47	0,50	0,27	2	98	0,45	1,00
ABR	4	96	0,50	0,34	0	100	0,56	0,64	20	76	0,74	0,41	2	98	0,47	0,98
MAI	14	86	0,52	0,24	0	100	0,54	0,53	0	100	0,70	0,65	0	100	0,39	0,84
JUN	18	80	0,48	0,18	2	98	0,36	0,32	6	94	0,35	0,46	6	94	0,21	0,63
JUL	47	53	0,48	0,14	29	71	0,28	0,14	27	69	0,39	0,23	31	69	0,35	0,41
AGO	57	41	0,48	0,14	71	29	0,41	0,13	43	55	0,61	0,18	33	67	0,42	0,33
SET	57	43	0,56	0,14	53	47	0,44	0,11	57	37	0,78	0,12	45	53	0,29	0,29

Os valores amostrais do tempo esperado de permanência ininterrupta nas classes de seca consideradas são, para todas as classes de seca à excepção da seca moderada, e quase em todos os meses, maiores do que os valores fornecidos pelo modelo de Markov. A classe de seca moderada é também a que apresenta, na generalidade dos meses, uma melhor aderência entre valores empíricos e teóricos; observam-se para esta classe maiores valores do coeficiente de correlação e menores valores do desvio relativo. Constata-se, para as outras classes, que existem desvios consideráveis entre os valores teóricos e amostrais. Esses desvios poderão dever-se à elevada variabilidade amostral do tempo de permanência dentro de cada posto e entre postos. Os valores empíricos e teóricos do tempo esperado de permanência, nos meses de Outubro, Janeiro e Abril são apresentados no Quadro C.5, Anexo C.

Os valores fornecidos pelo modelo representam valores esperados, a longo prazo. Os valores amostrais, particularmente na formulação não-homogénea, são obtidos directamente a partir de amostras de reduzida dimensão. Apesar das diferenças, os valores médios teóricos e empíricos do tempo esperado de residência ininterrupta nas classes de seca nos 49 postos, representados pelas curvas (a) e (b) da Figura 6.8 apresentam uma evolução semelhante ao longo do ano hidrológico.

Nas comparações dos valores empíricos com os valores teóricos não se detectaram discrepâncias entre o conjunto de postos em que a propriedade de Markov não foi rejeitada,

pelo menos por um dos testes, e os 9 postos em que se verificou essa rejeição em ambos os testes.

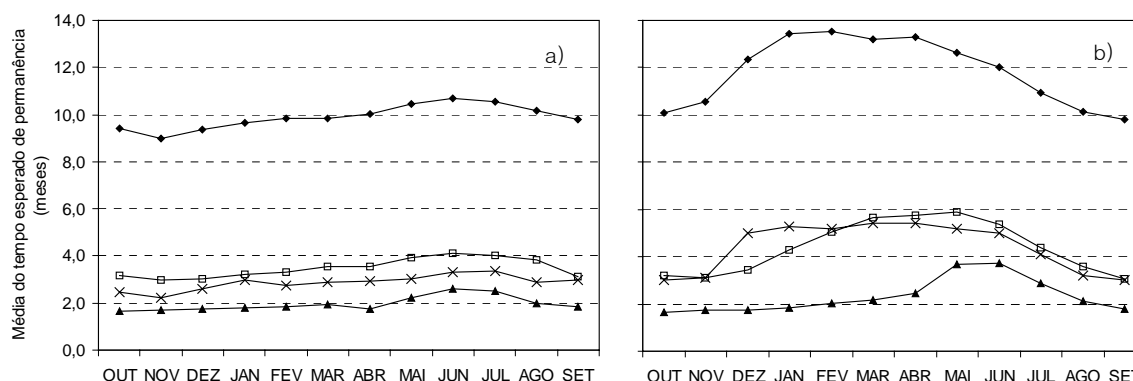


Figura 6.8 Valores médios teóricos (a) e empíricos (b) do tempo esperado de residência ininterrupta (meses) nas classes de Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) e seca severa ou extrema (X) nos 49 postos

6.4.2 Apresentação e discussão de resultados

Os resultados referentes à aplicação do modelo de Markov (formulação homogénea e não-homogénea) em todos os postos são apresentados em Anexo. Nesta secção embora se apresentem resumidamente os resultados referentes aos 40 postos em que não foi rejeitada a propriedade de Markov, apenas são apresentados e discutidos em detalhe os resultados referentes a 8 postos (Figura 6.9): Portalegre (18M01), Pavia (20I01), Elvas (20O01), Évora (22J01), Beja (25J02), Barrancos (25P01), Alvalade do Sado (26G01) e Almodovar (28I01).

A escolha destes locais para apresentação detalhada de resultados deve-se ao facto de em sete deles se ter iniciado, no âmbito do presente estudo, a aplicação de modelos log-lineares à modelação de transições entre as classes de seca (Paulo *et al.*, 2003b, 2004), posteriormente desenvolvida por Ferreira (2004). Apesar de num dos locais (Évora) a propriedade de Markov ter sido rejeitada optou-se por incluir este posto na análise.

Apresentam-se também os resultados referentes à severidade da seca regional. No entanto, estes valores não poderão ser directamente comparáveis com os valores obtidos localmente, uma vez que resultam da observação simultânea da severidade da seca nas 49 séries locais, da extensão espacial de cada classe de severidade e posterior classificação da severidade da seca regional, utilizando o critério da área crítica.

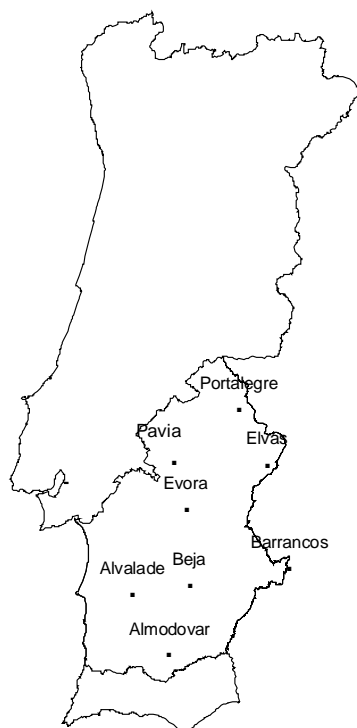


Figura 6.9 Postos em que se apresentam os resultados da modelação por cadeias de Markov

6.4.2.1 Distribuição de probabilidades das classes de seca

A probabilidade de equilíbrio da classe de seca j ($j = N, 1, 2, 3$), π_j (Equações 6.14 e 6.15) ou $\pi_j^{(Mês)}$ (Equações 6.26 a 6.29.e) indica a sua probabilidade de ocorrência, a longo termo, independentemente do mês ou num dado mês para as formulações homogénea e não homogénea, respectivamente.

A distribuição teórica de probabilidades das classes de seca (formulação homogénea) constam do Quadro C.2, em Anexo. Pode constatar-se (Quadro 6.4) que, em média, para os 40 postos, a probabilidade de ocorrência das classes de “Não-seca”, “Seca ligeira”, “Seca moderada” e “Seca severa/extrema” é de 0,498, 0,329, 0,096 e 0,077 respectivamente. Quando se considera a totalidade da região e a classificação de severidade regional, essas probabilidades são 0,489, 0,331, 0,086 e 0,093 respectivamente (Quadro 6.5 e Figura 6.10.b). Verifica-se uma inversão em relação aos valores médios obtidos para os 40 postos: na região, a classe de seca severa/extrema passa a ser mais provável que a classe de seca moderada. Nos 8 locais seleccionados esta situação apenas se verifica em Almodovar; mesmo quando se consideram os 40 locais em que a propriedade de Markov não foi rejeitada a probabilidade de ocorrência de seca/severa extrema é maior que a de seca moderada apenas em 10 locais. Como já foi referido, a

classificação da severidade da seca regional depende da extensão espacial das diferentes classes de seca; por esse motivo pode conduzir a resultados discrepantes dos observados na maioria dos locais.

As probabilidades da classe de “Não-seca” nos 8 locais são semelhantes variando entre 0,465 em Elvas e 0,520 em Portalegre, para a formulação homogénea. As diferenças relativas entre locais são mais acentuadas para classes de maior severidade. Por exemplo a probabilidade da classe de seca severa/extrema é 0,039 em Elvas e 0,082 em Alvalade.

A probabilidade de ocorrência de meses secos excede 0,50 em 7 dos locais; apenas em Alvalade essa probabilidade é inferior a 0,50. A seca ligeira, que por vezes não é considerada seca e é incluída na classe “Quase normal” (NDMC, 2004), tem uma probabilidade de ocorrência que varia entre 0,30 em Alvalade e 0,38 em Elvas. A variabilidade espacial é elevada: a probabilidade de seca é inferior a 0,50 em 21 dos 40 locais referidos anteriormente (Quadro C.2, Anexo C).

No Quadro 6.4 apresentam-se os postos em que se obtiveram o maior e menor valor de probabilidade relativo a cada classe de seca. Os valores mais baixos de probabilidade das classes de seca severa/extrema e de “Não-seca” referem-se a Elvas (20001); Elvas é, no entanto, o local que apresenta a probabilidade mais elevada na categoria de seca ligeira. A classe de seca severa/extrema ocorre com maior frequência em Castro Verde(27101); ao contrário, no conjunto dos 40 postos, este local é o que apresenta menor probabilidade de ocorrência da classe de seca moderada.

Quadro 6.4 Probabilidades das classes de seca nos 40 postos

Probabilidades	Classes de seca			
	Não-seca	Ligeira	Moderada	Severa/Extrema
Média	0,4981	0,3292	0,0962	0,0765
Máxima	0,5299 (22E01)	0,3774 (20O01)	0,1306 (17M01)	0,1035 (27I01)
Mínima	0,4653 (20O01)	0,2937 (19J03)	0,0556 (27I01)	0,0394 (20O01)

Quando se considera a formulação não-homogénea, as relações entre as classes de seca, quanto à sua probabilidade de ocorrência mantêm-se (Quadro 6.5 e Quadro C.6, Anexo C).

A classe de “Não-seca” é a que apresenta uma probabilidade de ocorrência mais elevada, seguida da classe de seca ligeira; as probabilidades de ocorrência das classes de seca moderada e severa/extrema, têm valores mais próximos entre si e menores que as outras duas classes. Não se detecta, em nenhuma das classes de seca, uma evolução comum aos vários locais ao longo do ano hidrológico.

A evolução mensal das probabilidades de ocorrência das diferentes classes de seca na região é apresentada na Figura 6.10 (a).

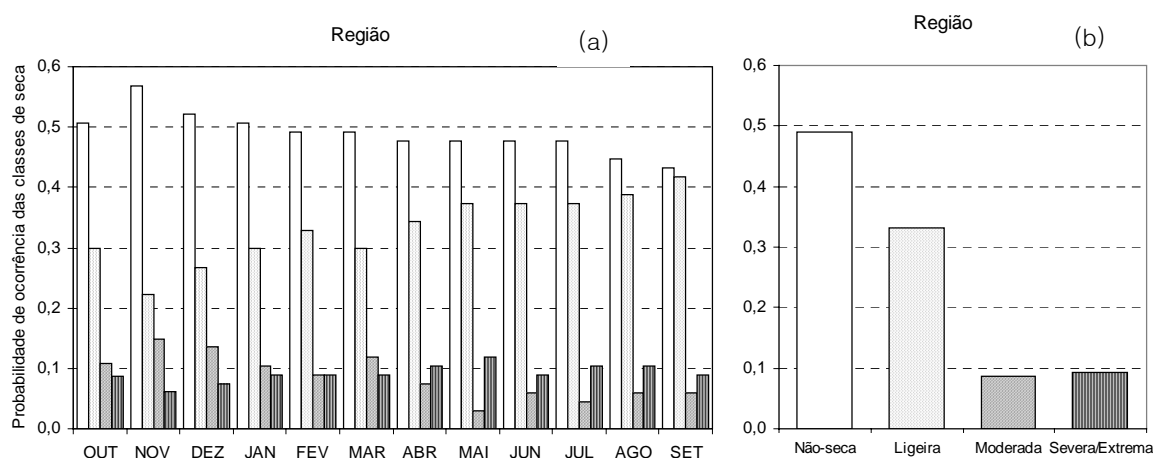


Figura 6.10 Probabilidades de ocorrência das classes de Não-seca (□), seca ligeira (▨), seca moderada (▩) e seca severa ou extrema (▤) na região. Modelação não-homogênea (a) e homogênea (b)

A probabilidade de “Não-seca” decresce de Novembro a Setembro e a probabilidade de seca ligeira vai aumentando durante esse período. A probabilidade de seca severa/extrema, inferior à de seca moderada nos primeiros 6 meses do ano hidrológico, atinge o valor máximo em Maio, 0,119; pelo contrário, o valor mínimo da probabilidade de seca moderada verifica-se em Maio.

6.4.2.2 Persistência das classes de seca (tempo esperado de permanência ininterrupta)

O tempo esperado de permanência ininterrupta numa determinada classe de seca indica o número de meses em que se espera que essa classe de seca persista, ou seja, a sua duração. Na formulação não-homogênea o tempo esperado de permanência depende do mês em que ocorre essa classe de seca.

No Quadro 6.6 apresenta-se a média e o coeficiente de variação do tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de seca referentes aos 40 postos em que não foi rejeitada a propriedade de Markov. Na última linha figuram os valores correspondentes à formulação homogênea. Os resultados, para todos os postos, são apresentados no Quadro C.7.

Os valores médios indicam que a classe de “Não-seca” é a mais persistente, seguida pelas classes de seca ligeira, de seca severa/extrema e por último de seca moderada. Verifica-se também que a média do tempo esperado de permanência em qualquer classe de seca vai

aumentando ao longo do ano hidrológico, até Junho-Julho, começando depois a diminuir até Setembro.

Quadro 6.6 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de seca em 40 postos: média e coeficiente de variação

Mês	Média				Coeficiente de variação			
	N	1	2	3	N	1	2	3
OUT	9,48	3,17	1,70	2,49	0,17	0,17	0,22	0,39
NOV	8,97	3,05	1,75	2,24	0,19	0,19	0,28	0,49
DEZ	9,43	3,06	1,78	2,66	0,18	0,17	0,27	0,46
JAN	9,69	3,28	1,83	3,00	0,18	0,17	0,22	0,36
FEV	9,85	3,40	1,87	2,82	0,18	0,14	0,25	0,37
MAR	9,81	3,64	1,94	2,92	0,19	0,14	0,26	0,37
ABR	10,10	3,65	1,81	3,00	0,18	0,16	0,24	0,37
MAI	10,49	4,00	2,29	3,04	0,18	0,15	0,21	0,32
JUN	10,68	4,21	2,63	3,37	0,17	0,13	0,18	0,32
JUL	10,60	4,09	2,55	3,52	0,15	0,13	0,18	0,33
AGO	10,21	3,93	2,05	2,96	0,18	0,13	0,22	0,36
SET	9,77	3,16	1,83	2,97	0,19	0,13	0,26	0,38
Global	11,08	4,44	2,27	4,13	0,16	0,12	0,15	0,21
N–Não-seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema								

Quando não se faz a distinção entre meses (valores correspondentes à última linha do Quadro 6.6) as médias dos valores esperados dos tempos de permanência são mais elevadas do que as obtidas em cada mês, uma vez que os tempos ininterruptos de permanência são estimados para toda a série temporal do índice de seca e não dependem do mês considerado. A variabilidade espacial do tempo de permanência é elevada, principalmente para a seca severa e extrema. Essa variabilidade, expressa em termos do coeficiente de variação, toma, em todos os meses e para todas as classes de seca, valores mais elevados do que os resultantes da formulação homogénea apresentados na última linha do quadro. Não se evidencia qualquer tendência do coeficiente de variação ao longo do ano, em nenhuma classe de seca.

Os tempos esperados de permanência ininterrupta nas 4 categorias de seca, dado o mês (formulação não-homogénea) e globalmente (formulação homogénea), para os 8 locais e para a região apresentam-se no Quadro 6.7.

Observa-se que as classes de “Não-seca”, na formulação homogénea têm uma duração mais curta em Barrancos e Portalegre, 8,89 e 9,24 meses e mais longa em Évora e Elvas, 11,79 e 11,75 meses, respectivamente (Figura 6.11 e Quadro 6.7).

Barrancos é também o local em que a seca ligeira é menos persistente, com 4 meses de duração. Com excepção de Elvas, o tempo esperado de permanência em seca severa/extrema é mais elevado que o tempo de permanência em seca moderada, em todos

os locais e na região. A duração esperada da classe de seca mais severa varia entre 2,1 (Elvas) e 4,3 meses (Almodovar). Estes locais apresentam comportamento contrário no que se refere à duração esperada da seca moderada, com o valor máximo em Elvas (2,4 meses) e o mínimo em Almodovar (1,7 meses).

No que se refere à região, espera-se que, quando a fracção de área afectada por seca na totalidade da região for inferior ao limiar crítico de 50%, situação que corresponde à classificação de “Não-seca”, esse estado persista durante 11,3 meses. O tempo esperado de permanência ininterrupta na classe de seca severa/extrema na região é de 3,6 meses; assim, espera-se que, estando a região em seca, com mais de 40% da área afectada por seca moderada ou mais severa e com mais de 30% da área afectada por seca severa/extrema, correspondendo deste modo à classificação regional de seca severa/extrema, esta situação persista durante 3,6 meses.

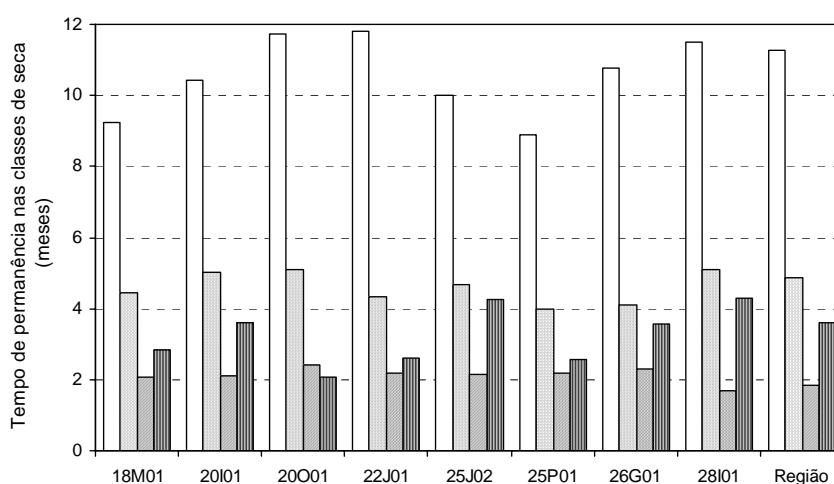


Figura 6.11 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca (□), seca ligeira (▨), seca moderada (▩) e seca severa ou extrema (▮) em 8 postos e na região

Nas Figuras 6.12 e 6.13 representa-se o tempo de permanência da região e dos 8 locais nas classes de seca, em todos os meses.

Constata-se que a classe de “Não-seca” é a mais persistente, seguida pela classe de seca ligeira, em todos os meses e em todos os locais com excepção de Dezembro, Janeiro e Abril, em Portalegre, em que a persistência da seca severa/extrema é mais elevada que a da seca ligeira. A duração da “Não-seca” varia entre 10 e 12 meses em Elvas, Évora e Almodovar, entre 8 e 10 meses em Portalegre, Pavia e Beja e entre 7 e 9 meses em Barrancos.

Quadro 6.7 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de seca em 8 postos e na região (formulação não homogénea e homogénea)

Classes de seca	Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de seca													Global
	Meses													
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET		
Portalegre (18M01)														
N	7,86	7,86	7,91	7,87	7,87	8,28	9,01	9,29	9,29	9,29	8,53	7,73	9,24	
1	2,67	2,09	1,94	2,43	2,79	3,16	3,00	3,16	3,16	3,34	3,14	2,82	4,44	
2	1,45	1,63	1,45	1,71	1,00	2,57	1,78	2,25	2,57	2,17	1,89	1,94	2,08	
3	1,69	1,69	2,03	3,07	2,65	2,03	3,07	2,24	3,07	2,38	2,03	2,38	2,82	
Pavia (20I01)														
N	8,67	8,36	8,36	8,80	8,91	8,84	9,07	9,69	10,00	10,00	10,00	9,20	10,44	
1	3,28	3,07	3,33	3,19	3,83	4,08	4,02	4,15	4,38	4,50	3,72	3,55	5,02	
2	2,02	2,63	2,04	2,14	1,86	1,46	1,76	2,14	3,29	2,83	2,14	2,63	2,11	
3	2,24	1,33	1,82	2,10	2,65	2,10	2,65	2,37	2,37	2,65	1,55	2,24	3,62	
Elvas (20O01)														
N	10,16	10,84	11,62	11,02	10,63	11,29	11,98	11,99	12,35	12,35	11,64	10,84	11,75	
1	4,01	3,61	3,77	3,96	4,36	4,62	4,37	4,92	4,92	4,60	4,56	3,47	5,08	
2	1,92	1,50	1,95	1,74	1,83	2,00	2,00	2,43	2,66	2,29	1,92	1,62	2,42	
3	1,00	2,20	2,20	3,39	2,44	2,60	2,60	1,80	3,39	3,39	2,20	1,00	2,07	
Évora (22J01)														
N	9,93	9,67	10,16	10,20	10,51	10,57	10,20	11,16	11,16	11,47	10,83	11,14	11,79	
1	3,10	3,32	3,43	3,59	3,27	4,19	3,54	4,21	4,24	4,56	4,05	3,52	4,34	
2	1,31	2,06	1,46	1,62	2,23	2,23	2,03	2,16	2,85	2,48	1,69	1,62	2,20	
3	2,42	2,42	2,42	2,18	2,18	2,18	2,18	2,89	2,77	3,36	2,42	2,42	2,59	
Beja (25J02)														
N	8,88	8,40	8,09	9,04	9,39	8,66	8,82	9,65	9,64	9,93	9,37	8,82	10,00	
1	3,37	2,99	3,48	3,54	3,61	3,69	3,50	4,48	4,48	4,22	3,94	3,27	4,68	
2	1,52	1,44	1,93	1,52	1,52	1,39	1,77	2,33	2,55	2,11	1,93	1,39	2,15	
3	1,60	1,00	2,00	2,00	1,86	1,83	1,67	1,75	2,00	2,00	2,00	1,80	4,25	
Barrancos (25P01)														
N	7,68	7,20	7,00	7,72	8,03	7,78	8,49	7,84	8,50	8,75	7,68	8,03	8,89	
1	3,18	3,24	2,99	3,38	3,52	3,48	3,63	4,20	4,08	3,66	4,18	2,94	4,00	
2	1,28	1,98	1,98	1,59	2,18	2,22	2,07	2,96	2,40	2,96	2,31	1,33	2,19	
3	1,89	1,71	1,71	2,18	1,89	1,44	2,18	2,48	2,77	2,77	1,89	1,59	2,55	
Alvalade (26G01)														
N	9,37	7,94	9,56	9,61	9,21	9,61	9,40	10,14	10,42	10,42	9,86	9,28	10,79	
1	2,76	2,62	2,88	2,52	3,12	3,08	3,73	3,52	3,75	3,89	3,63	2,44	4,12	
2	1,73	1,98	1,73	2,40	2,09	1,73	1,65	2,47	2,40	2,57	2,96	2,17	2,30	
3	1,60	1,00	1,33	1,67	2,00	1,83	1,62	1,80	2,00	2,00	1,83	1,80	3,56	
Almodovar (28I01)														
N	10,14	10,25	9,87	9,78	9,72	10,40	11,06	11,08	11,40	11,08	11,40	9,96	11,50	
1	3,38	3,38	3,31	3,69	3,84	4,18	4,31	4,59	4,74	4,60	3,91	3,67	5,10	
2	1,34	1,86	1,38	1,74	1,98	2,43	1,43	1,57	2,72	2,72	2,72	1,00	1,68	
3	1,82	1,77	1,64	2,28	2,44	2,28	2,28	2,92	2,92	2,92	2,65	2,92	4,29	
Região														
N	9,82	8,89	9,57	9,82	10,09	10,09	10,37	10,69	11,00	10,37	10,67	10,31	11,26	
1	2,54	3,57	3,35	4,08	3,62	4,27	4,51	4,69	4,85	4,69	4,70	3,20	4,85	
2	1,77	1,62	1,34	1,44	2,03	1,58	1,31	2,54	2,16	2,54	1,77	1,77	1,84	
3	1,40	1,00	1,60	1,50	1,83	1,83	1,86	1,75	2,00	2,00	1,71	1,80	3,60	
N-Não-seca 1-Seca Ligeira 2-Seca Moderada 3-Seca Severa e Extrema														

N-Não-seca 1-Seca Ligeira 2-Seca Moderada 3-Seca Severa e Extrema

A posição relativa das curvas do tempo de permanência da seca moderada e da seca severa/extrema varia ao longo do ano hidrológico, em todos os postos e na região. Espera-se que se instalada em Janeiro, a seca severa/extrema seja mais longa do que a seca moderada, à excepção de Alvalade e Pavia (Figura 6.13). O tempo esperado de permanência nas classes de “Não-seca” e de seca ligeira vai aumentando ao longo do ano hidrológico, sendo máximo em Junho-Julho, meses em que a estabilidade destas classes de seca também é máxima; começa depois a diminuir até Setembro. Estes resultados reflectem a sazonalidade da precipitação e as características das secas, localmente e na região. Estando a região em Março na classe de “Não-seca” espera-se que essa classe persista durante cerca de 10 meses (Figura 6.12) enquanto que se o mês considerado for Junho a situação de “Não-seca” persistirá, em média, durante 11 meses. O tempo de permanência na classe de seca ligeira atinge o valor máximo em Junho, 4,9 meses, na classe de seca moderada em Maio e Julho, 2,5 meses, e na classe de seca severa e extrema em Junho e Julho, 2 meses.

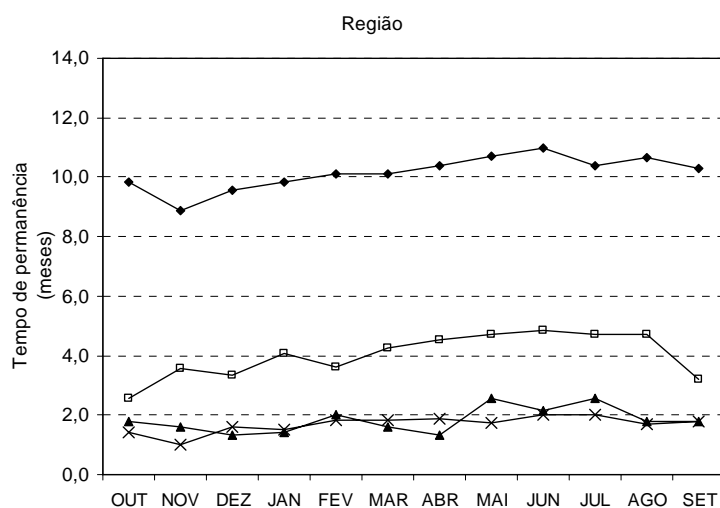


Figura 6.12 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) e seca severa/extrema (X), na região

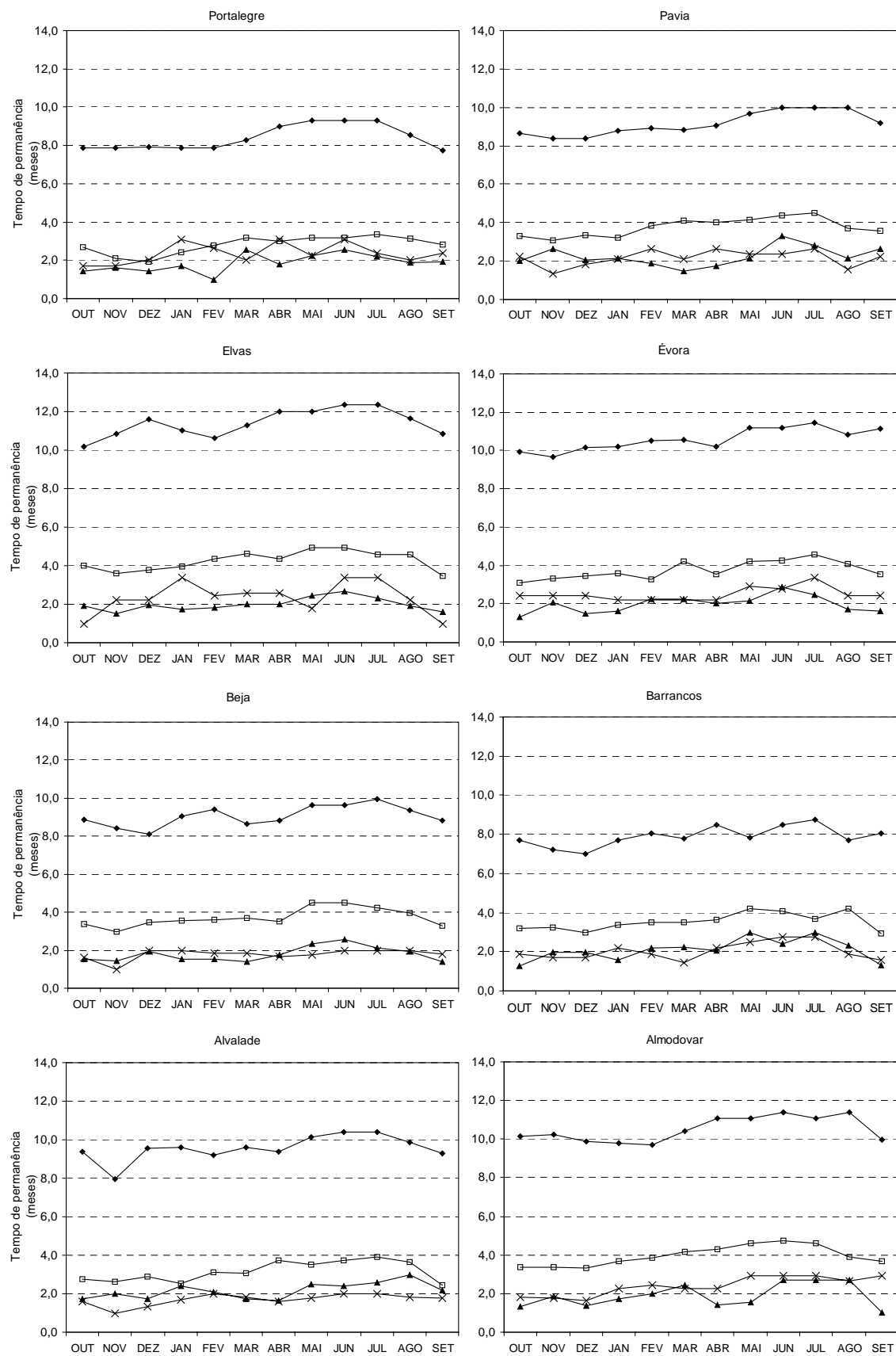


Figura 6.13 Tempo esperado (meses) de permanência ininterrupta nas classes de Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) e seca severa/extrema (X) em 8 postos

6.4.2.3 Tempo esperado para atingir uma dada classe de seca

O tempo esperado para a primeira visita a uma dada classe de seca j partindo da classe de seca i , t_{ij} (Equações 6.20 e 6.34 para a formulação homogénea e não-homogénea, respectivamente) indica-nos o tempo de transição da classe de seca i para a classe de seca j . Na formulação homogénea calculou-se t_{ij} para todos os pares (i, j) . Na formulação não-homogénea calculou-se apenas o tempo esperado para transitar para a classe de “Não-seca”, partindo de qualquer classe de seca i , num qualquer mês inicial. O tempo esperado para transitar para a classe de “Não-seca” é um indicador do tempo necessário à dissipação de uma seca com determinada severidade. Conforme foi referido nas Secções 6.2.3.4 e 6.2.4.4, quando $i = j$ obtém-se o tempo esperado de recorrência da classe de seca i , t_{ii} .

No Quadro 6.8 apresenta-se a média e o coeficiente de variação mensal (formulação não-homogénea) do tempo esperado para atingir a classe de “Não-seca” referente aos 40 postos. Na última linha figuram os valores correspondentes à formulação homogénea. A média do tempo esperado para atingir a classe de “Não-seca”, após a observação de uma determinada classe de seca, considerando ou não o mês em que foi observada, é tanto maior quanto maior o grau de severidade inicial. Os coeficientes de variação associados traduzem a respectiva variabilidade espacial; constata-se uma baixa variabilidade espacial do tempo de recorrência da classe de “Não-seca”, na formulação homogénea, em que o coeficiente de variação toma o valor de 0,03.

Quadro 6.8 Tempo esperado (meses) para atingir a classe de Não-seca, partindo da classe de seca i , nos 40 postos: média e coeficiente de variação

Mês	Média				Coeficiente de variação			
	$i = N$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = N$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
OUT	2,44	9,47	13,80	15,75	0,19	0,19	0,18	0,15
NOV	3,04	10,29	14,10	16,09	0,16	0,18	0,21	0,16
DEZ	2,59	10,42	15,86	18,84	0,21	0,17	0,17	0,11
JAN	2,33	10,90	16,55	19,79	0,15	0,22	0,12	0,10
FEV	2,21	11,54	16,92	19,58	0,26	0,19	0,13	0,10
MAR	2,24	12,28	17,16	19,53	0,20	0,18	0,12	0,10
ABR	1,91	12,07	16,99	19,23	0,28	0,18	0,13	0,11
MAI	1,39	12,39	16,71	18,73	0,22	0,15	0,13	0,11
JUN	1,14	11,81	15,91	18,19	0,15	0,15	0,13	0,12
JUL	1,07	10,88	14,89	17,32	0,14	0,16	0,14	0,13
AGO	1,58	10,03	14,01	16,44	0,22	0,17	0,15	0,14
SET	2,02	9,35	13,46	16,24	0,23	0,19	0,18	0,15
Global	2,01	11,01	15,77	18,57	0,03	0,17	0,13	0,11
N-Não-seca	1-Seca Ligeira		2-Seca Moderada		3-Seca Severa e Extrema			

Os resultados para todos os postos, para a formulação homogénea e considerando qualquer classe de chegada são apresentados no Quadro C.8, em Anexo.

No Quadro 6.9 apresenta-se o tempo esperado para atingir pela primeira vez a classe de seca j partindo da classe de seca i em 8 postos e na região (formulação homogénea).

Quadro 6.9 Tempo esperado (meses) para atingir pela primeira vez a classe de seca j partindo da classe de seca i em 8 postos e na região (formulação homogénea)

Local	Classe de partida i	Tempo esperado para transitar de i para j (meses)			
		Classe de chegada j			
		Não-seca	Seca ligeira	Seca moderada	Seca severa/extrema
Portalegre (18M01)	Não-seca	2,08	9,57	32,74	65,42
	Seca ligeira	9,72	2,76	25,31	57,5
	Seca moderada	13,63	4,65	10,38	39,04
	Seca severa/extrema	15,53	6,38	8,78	16,37
Pavia (20I01)	Não-seca	2,13	10,44	38,38	80,74
	Seca ligeira	11,81	2,71	27,93	70,3
	Seca moderada	16,59	5,72	10,75	44,59
	Seca severa/extrema	19,32	8,27	8,86	14,63
Elvas (20O01)	Não-seca	2,15	11,94	35,1	75,68
	Seca ligeira	13,32	2,65	23,99	65,99
	Seca moderada	17,46	4,14	8,48	49,31
	Seca severa/extrema	19,25	5,93	3,67	25,4
Évora (22J01)	Não-seca	2,02	11,96	37,24	60,87
	Seca ligeira	11,91	3,17	26,22	49,69
	Seca moderada	17,57	5,66	8,71	28,86
	Seca severa/extrema	19,39	7,48	6,17	13,23
Beja (25J02)	Não-seca	2,07	10,27	34,84	88,55
	Seca ligeira	10,5	2,79	26,18	79,76
	Seca moderada	14,94	5,2	10,66	56,1
	Seca severa/extrema	17,57	9,44	9,33	15,3
Barrancos (25P01)	Não-seca	2,07	8,89	35,09	53,96
	Seca ligeira	9,51	2,94	26,2	45,07
	Seca moderada	13,79	5,77	9,72	27,03
	Seca severa/extrema	15,17	6,74	9,69	13,55
Alvalade (26G01)	Não-seca	1,92	11,14	38,37	66,59
	Seca ligeira	9,67	3,34	29,06	57,18
	Seca moderada	15,55	6,78	10,2	30,03
	Seca severa/extrema	16,61	8,7	13,76	12,14
Almodovar (28I01)	Não-seca	2,06	11,63	39,14	78,01
	Seca ligeira	12,1	2,73	28,47	67,22
	Seca moderada	16,66	4,56	14,32	43,19
	Seca severa/extrema	19,64	7,54	12,42	12,68
Região	Não-seca	2,04	11,64	36,51	60,9
	Seca ligeira	11,52	3,02	26,78	50,81
	Seca moderada	15,55	6,74	11,61	30,45
	Seca severa/extrema	17,77	9,57	9,44	10,73

Os elementos da diagonal, em cada posto, correspondem aos tempos de recorrência das classes de seca, t_{ii} ($i = N, i = 1, i = 2, i = 3$). As transições acima da diagonal indicam agravamento da severidade da seca e abaixo da diagonal diminuição da severidade. Constatou-se que, à excepção das transições entre as classes de “Não-seca” e seca ligeira, o tempo esperado de passagem de uma dada classe de seca i para outra mais severa j , t_{ij} , é maior do que o da transição inversa t_{ji} , ou seja, o tempo esperado de agravamento de severidade é maior que o respectivo tempo de desagravamento, nos 8 locais e na região. Por exemplo, em Portalegre (18M01), o tempo esperado para transitar de seca ligeira para seca moderada é de 25 meses e de seca moderada para seca ligeira é de 5 meses e o tempo esperado para transitar de seca moderada para seca severa/extrema é de 39 meses e para a transição inversa é de 9 meses. Quando se considera a região aqueles tempos tomam os valores 27 e 7 e 30 e 9 meses, respectivamente (Quadro 6.9 e Figura 6.14). Estes resultados suportam os conceitos apresentados na Secção 2.2 onde se refere que a seca é um fenómeno cujo início é difícil de precisar pois estabelece-se lentamente; permitem também concluir que o tempo de dissipação de uma seca com uma determinada severidade é inferior ao seu tempo de estabelecimento.

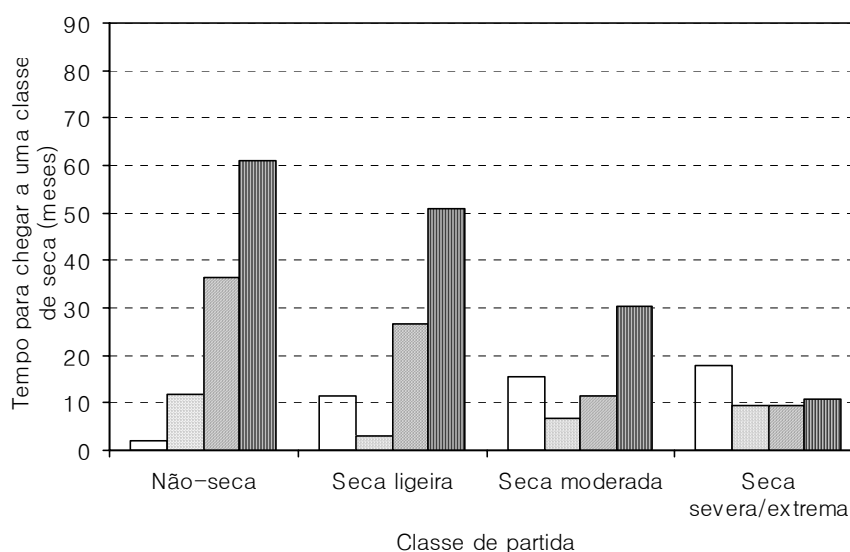


Figura 6.14 Tempo esperado (meses) para transitar para as classes de Não-seca (□), seca ligeira (▨), seca moderada (▩) e seca severa ou extrema (■), na região

A relação entre os tempos esperados de transição de “Não-seca” para seca ligeira e de seca ligeira para “Não-seca” não é idêntica em todos os locais. Assim, quando se consideram os 40 locais (Quadro C.8, Anexo C) verifica-se que na maior parte dos locais (25) e também na região o tempo esperado para a transição de “Não-seca” para seca

ligeira é superior ao da transição de seca ligeira para “Não-seca”. No entanto, apenas em 2 dos 8 locais escolhidos (Évora e Alvalade do Sado) se verifica esta relação. Este comportamento na generalidade dos locais indicia a maior instabilidade da classe de seca ligeira.

Os tempos esperados para atingir a classe de “Não-seca” partindo de uma outra qualquer classe de seca são menores em Portalegre e Barrancos e os valores mais elevados observam-se em Elvas, Almodovar e Pavia. As diferenças de comportamento entre locais não estão relacionadas com a latitude, altitude ou distância do mar.

Os tempos esperados para atingir a classe de “Não-seca”, partindo de uma qualquer classe de seca num dado mês (formulação não-homogénea), em todos os postos, são apresentados no Quadro C.9, em Anexo. Na Figura 6.15 são apresentados graficamente estes resultados, referentes aos 8 postos seleccionados. Os valores obtidos para a região apresentam-se no Quadro 6.10 e na Figura 6.16.

No seu conjunto, os resultados da formulação não-homogénea permitem concluir que, à semelhança da formulação homogénea, Barrancos e Portalegre são os locais em que é necessário um menor período de tempo para sair de uma seca de severidade moderada ou severa/extrema.

Assim, quando uma seca moderada está instalada nos meses de Inverno ou Primavera (Janeiro a Junho) em Barrancos ou Portalegre, espera-se que o fim da seca só venha a ocorrer 12 a 16 meses depois enquanto que em Pavia, Elvas, Évora e Almodovar o tempo esperado para atingir a classe de “Não-seca” varia entre 16 e 20 meses. Quando nestes meses se observa uma situação de seca severa/extrema espera-se que o tempo de dissipação da seca seja de 15 ou 16 meses em Barrancos, varie entre 14 e 18 meses em Portalegre e varie entre 19 e 21 meses em Pavia e Elvas, entre 18 e 21 meses em Évora e entre 20 e 22 meses em Almodovar.

Elvas é o local em que a persistência da classe de seca ligeira é mais elevada (Quadro 6.7 e Figura 6.13). Verifica-se, em consonância com estes resultados da formulação homogénea, que o tempo esperado para atingir a classe de “Não-seca” partindo, em qualquer mês, da classe de seca ligeira, é mais elevado em Elvas do que nos outros locais, à excepção de Novembro e Dezembro, em que se obtiveram tempos esperados de 13,4 e 12,7 meses em Almodovar e de 11,9 e 12,6 meses em Elvas.

O tempo esperado para a dissipação de uma seca que atinge severidade moderada ou superior ($i = 2, i = 3$) na região, é mais elevado quando esse grau de severidade é atingido nos meses de Dezembro a Maio (Quadro 6.10 e Figura 6.16).

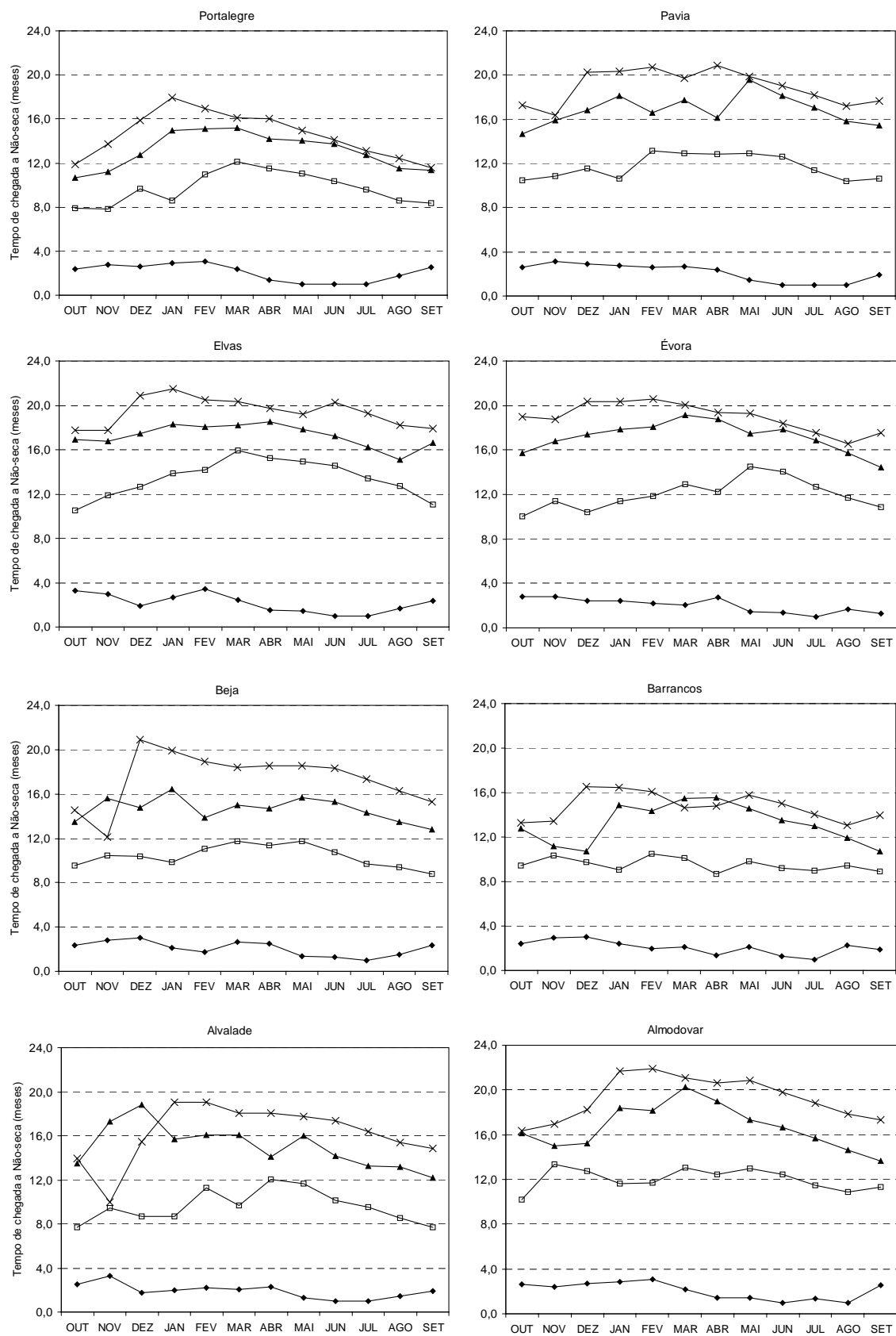


Figura 6.15 Tempo esperado (meses) para atingir pela primeira vez a classe de Não-seca, partindo de um dado mês em Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) ou seca severa/extrema (X)

Os resultados regionais mostram que quando uma seca atinge a classe severa/extrema em Fevereiro o fim da seca só é esperado 20 meses depois; o tempo esperado para atingir a classe de “Não-seca” quando uma seca moderada está instalada em Janeiro é de 18 meses.

Quadro 6.10 Tempo esperado (meses) de chegada à classe de Não-seca (N) partindo, num dado mês, da classe de seca *i*, na região

Classe de seca <i>i</i>	Tempo esperado de chegada a N na região(meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
N	2,40	3,47	2,84	2,46	2,11	2,11	1,77	1,37	1,00	1,60	1,28	1,59
1	8,58	11,90	11,08	11,72	12,41	12,20	12,22	12,29	11,76	10,76	9,61	8,46
2	14,34	14,09	16,36	17,51	15,93	16,30	16,28	16,61	15,61	14,17	13,17	12,46
3	14,32	13,27	18,12	18,78	19,63	19,10	18,46	17,61	16,94	15,94	14,94	15,33
N–Não-seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema												

Por outro lado, os menores valores do tempo esperado de transição entre a classe de seca severa/extrema e a classe de “Não-seca” obtêm-se em Outubro e Novembro, 14,3 e 13,3 meses, e entre a classe de seca moderada e a classe de “Não-seca” em Agosto e Setembro, 13,2 e 12,5 meses, respectivamente.

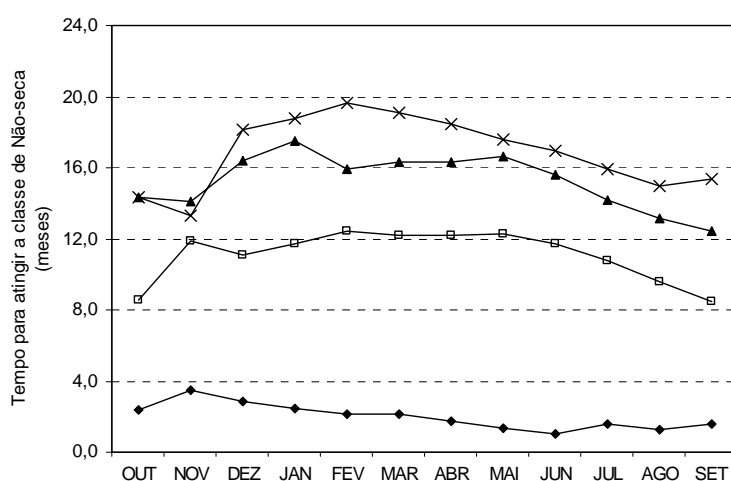


Figura 6.16 Tempo esperado (meses) para atingir pela primeira vez a classe de Não-seca, partindo de um dado mês em Não-seca (◆), seca ligeira (□), seca moderada (▲) ou seca severa/extrema (X), na região

O tempo esperado para transitar da classe de seca ligeira para “Não-seca” toma valores mais elevados nos meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio, sendo então superior a 12 meses.

6.4.2.4 Predição das classes de seca com 1, 2 e 3 meses de antecedência

A avaliação da severidade da seca num dado mês e em meses anteriores permite acompanhar a sua evolução em tempo real e constitui informação relevante para a gestão da água. A predição da sua severidade futura pode apoiar a tomada de decisões atempadas por forma a modificar os padrões de consumo de água e a minimizar os seus efeitos. Na predição das classes de seca considerando um horizonte de predição de um, dois e três meses aplicaram-se as metodologias descritas nas Secções 6.2.3.5 e 6.2.4.5, para a formulação homogénea e não homogénea, respectivamente. Estimou-se qual a classe de seca mais provável nos instantes $t+1$, $t+2$ e $t+3$ dada a classe de seca no instante t . Para tal avaliaram-se as probabilidades de todas as transições possíveis entre uma dada classe de seca actual, i , e qualquer classe de seca j ($j = N, 1, 2, 3$) um, dois e três meses depois.

As classes de seca mais prováveis um, dois e três meses depois e respectivas probabilidades, dada a classe inicial, nos 8 postos seleccionados e na região constam do Quadro 6.11. Na formulação homogénea, as predições reflectem a estrutura diagonal da matriz de transição de probabilidades. Deste modo, a transição para a mesma classe de seca no futuro próximo é quase sempre mais provável do que a transição para qualquer outra classe de seca. Existe uma excepção: quando a classe de seca actual corresponde à classe de seca moderada as predições apontam para a permanência em seca moderada no primeiro mês e para a transição para seca ligeira, ou seja, para um decréscimo de severidade, no segundo ou no terceiro mês.

Existem apenas três postos no conjunto dos 49 postos (Quadro C.10, Anexo C) em que se prevê um agravamento de severidade ao terceiro mês, dada uma classe inicial de seca moderada, 23G01 (Pego do Altar), 26F01 (S. Domingos) e 29G01 (S. Marcos da Serra) (Quadro C.11).

A predição do estado mais provável um, dois e três meses depois, dado um estado inicial em qualquer mês, nos 8 postos seleccionados e na região, para todos os meses constam do Quadro C.11, Anexo C.

A probabilidade associada à classe de seca mais provável um, dois e três meses após a ocorrência de uma dada classe de seca em Outubro, Janeiro e Abril (formulação não-homogénea) em 8 locais e na região apresentam-se no Quadro 6.12. Na Figura 6.17 apresentam-se os resultados da respectivas predições.

Quadro 6.11 Classe de seca mais provável dentro de 1, 2 e 3 meses dada a classe de seca inicial

Classe inicial	Daqui a 1 mês		Daqui a 2 meses		Daqui a 3 meses	
	Classe	Probabilidade	Classe	Probabilidade	Classe	Probabilidade
Portalegre						
N	N	0,892	N	0,809	N	0,746
1	1	0,775	1	0,637	1	0,548
2	2	0,520	1	0,396	1	0,429
3	3	0,646	3	0,465	3	0,359
Pavia						
N	N	0,904	N	0,829	N	0,769
1	1	0,801	1	0,674	1	0,588
2	2	0,527	1	0,370	1	0,406
3	3	0,724	3	0,567	3	0,465
Elvas						
N	N	0,915	N	0,846	N	0,789
1	1	0,803	1	0,678	1	0,595
2	2	0,587	2	0,423	1	0,462
3	3	0,518	2	0,501	2	0,453
Évora						
N	N	0,911	N	0,840	N	0,783
1	1	0,794	1	0,660	1	0,569
2	2	0,457	1	0,352	1	0,375
3	3	0,722	3	0,576	3	0,482
Beja						
N	N	0,900	N	0,822	N	0,761
1	1	0,786	1	0,656	1	0,570
2	2	0,534	1	0,419	1	0,445
3	3	0,765	3	0,614	3	0,509
Barrancos						
N	N	0,888	N	0,805	N	0,742
1	1	0,750	1	0,599	1	0,506
2	2	0,543	2	0,372	1	0,351
3	3	0,607	3	0,431	3	0,337
Alvalade						
N	N	0,907	N	0,837	N	0,783
1	1	0,757	1	0,605	1	0,506
2	2	0,566	2	0,379	1	0,330
3	3	0,719	3	0,559	3	0,458
Almodovar						
N	N	0,913	N	0,843	N	0,787
1	1	0,804	1	0,684	1	0,602
2	2	0,404	1	0,460	1	0,476
3	3	0,767	3	0,626	3	0,527
Região						
N	N	0,911	N	0,840	N	0,783
1	1	0,794	1	0,660	1	0,569
2	2	0,457	1	0,352	1	0,375
3	3	0,722	3	0,576	3	0,482

N – Não-seca 1 – Seca Ligeira 2 – Seca Moderada 3 – Seca Severa e Extrema

À semelhança dos resultados obtidos para a formulação homogénea, e conforme se pode observar na Figura 6.17, quando o estado actual é “Não-seca” esse é também o estado mais provável um, dois ou três meses depois, ou seja, através da modelação de Markov não se consegue prever o início de uma seca. Quando o estado actual é “seca ligeira” o

estado mais provável, um, dois ou três meses continua a ser o estado actual mas esta modelação permite prever a dissipação da seca nalguns casos (Portalegre e Alvalade) quando o mês inicial considerado é o mês de Outubro.

Quadro 6.12 Probabilidade associada à classe de seca mais provável um, dois e três meses após a ocorrência de uma dada classe de seca em Outubro, Janeiro e Abril (formulação não-homogénea) em 8 locais e na região

Local	Classe inicial	Predição efectuada em Outubro para			Predição efectuada em Janeiro para			Predição efectuada em Abril para		
		Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Portalegre (18M01)	N	0,828	0,748	0,672	0,829	0,719	0,643	0,967	0,968	0,969
	1	0,714	0,424	0,449	0,611	0,551	0,554	0,852	0,801	0,737
	2	0,571	0,371	0,347	0,455	0,504	0,472	0,500	0,480	0,496
	3	0,333	0,333	0,368	1,000	0,800	0,600	1,000	0,600	0,600
Pavia (20I01)	N	0,853	0,731	0,633	0,867	0,774	0,691	0,897	0,873	0,873
	1	0,650	0,441	0,429	0,625	0,583	0,592	0,862	0,779	0,752
	2	0,444	0,443	0,396	0,500	0,412	0,508	0,667	0,600	0,579
	3	0,750	0,479	0,381	0,667	0,708	0,522	1,000	0,833	0,694
Elvas (20O01)	N	0,807	0,738	0,731	0,882	0,769	0,706	0,967	0,937	0,937
	1	0,739	0,517	0,429	0,727	0,667	0,641	0,828	0,813	0,783
	2	0,556	0,531	0,451	0,444	0,498	0,572	0,600	0,648	0,658
	3	1,000	0,500	0,469	1,000	0,600	0,440	0,667	0,730	0,732
Évora (22J01)	N	0,853	0,724	0,686	0,879	0,826	0,764	0,879	0,859	0,834
	1	0,591	0,470	0,422	0,727	0,495	0,484	0,714	0,668	0,615
	2	0,500	0,439	0,398	0,333	0,419	0,387	0,556	0,419	0,514
	3	0,600	0,417	0,381	0,500	0,583	0,523	0,500	0,413	0,530
Beja (25J02)	N	0,882	0,748	0,625	0,900	0,862	0,751	0,875	0,848	0,820
	1	0,682	0,468	0,475	0,731	0,562	0,521	0,720	0,742	0,747
	2	0,500	0,429	0,470	0,444	0,389	0,466	0,500	0,571	0,571
	3	0,600	0,564	0,379	1,000	0,857	0,750	0,667	0,500	0,500
Barrancos (25P01)	N	0,861	0,709	0,599	0,867	0,802	0,718	0,967	0,855	0,839
	1	0,650	0,548	0,409	0,708	0,571	0,480	0,783	0,771	0,714
	2	0,429	0,614	0,401	0,400	0,405	0,419	0,546	0,606	0,433
	3	0,500	0,550	0,388	0,667	0,533	0,523	0,667	0,556	0,571
Alvalade (26G01)	N	0,889	0,669	0,667	0,914	0,803	0,784	0,892	0,866	0,871
	1	0,611	0,438	0,458	0,526	0,457	0,453	0,947	0,831	0,810
	2	0,375	0,408	0,326	0,714	0,454	0,408	0,667	0,583	0,604
	3	0,600	0,410	0,328	0,667	0,741	0,687	0,625	0,594	0,652
Almodovar (28I01)	N	0,879	0,792	0,701	0,844	0,739	0,686	0,967	0,938	0,938
	1	0,636	0,463	0,458	0,720	0,624	0,559	0,885	0,854	0,854
	2	0,400	0,435	0,568	0,429	0,401	0,374	0,500	0,583	0,583
	3	0,429	0,410	0,572	0,667	0,500	0,475	0,667	0,778	0,778
Região	N	0,882	0,712	0,664	0,882	0,818	0,760	0,938	0,911	0,911
	1	0,400	0,409	0,431	0,800	0,576	0,565	0,913	0,879	0,879
	2	0,500	0,404	0,371	0,429	0,370	0,384	0,400	0,384	0,384
	3	0,400	0,473	0,369	0,500	0,417	0,451	0,857	0,643	0,732

N – Não-seca 1 – Seca Ligeira 2 – Seca Moderada 3 – Seca Severa e Extrema

A classe de seca ligeira é considerada (NDMC, 2004) uma classe “quase normal” que poderá indicar quer a instalação de uma seca quer a sua dissipação. Quando a seca é

classificada como moderada ou severa/extrema o modelo permite prever um decréscimo de severidade se o mês inicial é Outubro ou Janeiro.

Local	Classe no mês inicial	Mês inicial=Outubro			Mês inicial=Janeiro			Mês inicial=Abril		
		Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Portalegre										
Pavia										
Elvas										
Évora										
Beja										
Barrancos										
Alvalade										
Almodovar										
Região										

Figura 6.17 Predição das classes de seca dentro de 1, 2 e 3 meses, dada a classe de Não-seca (□), seca ligeira (▤), seca moderada (▥) ou seca severa/extrema (■) em Outubro, Janeiro e Abril, em 8 locais e na região

Em Abril a predição de um decréscimo de severidade é pouco evidente; dado que o mês de Março é o último mês do semestre húmido, a partir de Abril já não se espera precipitação

significativa nem um decréscimo da severidade da seca. Os resultados da formulação não-homogénea reflectem a sazonalidade da precipitação e a forma como esta sazonalidade influencia a dissipação potencial da seca. Esta formulação permite concluir que é mais provável atingir o fim de uma seca em Outubro, início do semestre húmido, do que em Janeiro, quando a ocorrência de uma seca indica que está instalada uma anomalia atmosférica persistente, ou em Abril, no início do semestre seco.

6.5 Aplicação de modelos log-lineares a séries locais de SPI-12

6.5.1 Selecção dos modelos

Foram ajustados vários modelos log-lineares às matrizes de transição entre classes de seca em 7 postos seleccionados (Portalegre, Elvas, Évora, Beja, Barrancos, Alvalade e Almodovar).

O desvio residual associado aos graus de liberdade dos resíduos permite avaliar o grau de ajustamento dos modelos, uma vez que o desvio residual tem distribuição assintótica qui-quadrado, dada a hipótese nula de que o modelo se ajusta aos dados (Agresti, 1990). Considerou-se um nível de significância $\alpha=0,05$. O valor de prova (*p-value*) indica a probabilidade de que a amostra provenha de uma população que corresponda ao modelo que se pretende ajustar. Assim, seleccionou-se para cada local o modelo que apresentava um maior *p-value* associado ao desvio residual (Quadro C.12 em Anexo). Os modelos de quasi-associação e de quasi-simetria são os que melhor se ajustam à generalidade dos postos (Quadro 6.13).

Quadro 6.13 Modelos log-lineares seleccionados

Locais	Modelo seleccionado	g.l.	Desvio Residual	<i>p-value</i>
Portalegre	Quasi-associação	4	1,4496	0,8355
Elvas	Quasi-simetria	3	2,8689	0,4123
Évora	Quasi-associação	4	1,5760	0,8131
Beja	Quasi-simetria	3	4,2000	0,2407
Barrancos	Quasi-associação	4	3,2840	0,5115
Alvalade	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Almodovar	Quasi-associação	4	2,5040	0,6439

Apesar de em Almodovar o modelo de efeito de colunas ser ligeiramente superior ao modelo de quasi-associação, com *p-values* de 0,67 e 0,64, respectivamente, optou-se pelo modelo de quasi-associação dado que este modelo se ajustava bem a outros 3 locais. Em Alvalade nenhum dos modelos se ajustou pelo que não se aplicou este tipo de análise ao local.

A selecção dos modelos e a estimação dos respectivos parâmetros foi feita recorrendo ao *software* GENSTAT.

6.5.2 Predição das classes de seca

A aplicação dos modelos log-lineares para cada um dos locais permitiu estimar as transições esperadas entre classes de seca, considerando as séries temporais de SPI-12 de Outubro de 1932 a Setembro de 1999.

Verifica-se que existe uma boa aderência entre as frequências observadas, O_{ij} , e as frequências esperadas, E_{ij} em todos os locais (Quadro 6.14).

Quadro 6.14 Transições entre classes de seca do instante t para o instante $t+1$: frequências observadas e esperadas

Local		Frequências							
		Observadas				Esperadas			
		$t+1$				$t+1$			
	t	N	1	2	3	N	1	2	3
Portalegre	N	346	39	3	0	346	39,99	1,92	0,08
	1	41	227	21	4	40,06	227	21,99	3,95
	2	1	22	39	13	1,86	21,17	39	12,97
	3	0	4	13	31	0,08	3,83	13,08	31
Elvas	N	344	31	0	1	344	31,49	0	0,51
	1	32	245	25	3	31,51	245	26,46	2,03
	2	0	27	54	11	0	25,54	54	12,46
	3	0	1	14	16	0,49	1,97	12,54	16
Évora	N	367	33	1	0	367	33,5	0,49	0,01
	1	34	197	21	4	33,51	197	21,88	3,61
	2	0	22	49	19	0,48	21,15	49	19,38
	3	0	3	19	35	0,01	3,36	18,63	35
Beja	N	351	37	2	0	351	37,47	1,02	0,51
	1	38	228	23	1	37,53	228	23,46	1,02
	2	0	23	39	11	0,98	22,54	39	10,47
	3	1	1	10	39	0,49	0,98	10,53	39
Barrancos	N	347	44	0	0	347	43	0,94	0,06
	1	42	207	21	6	43,03	207	19,84	6,12
	2	2	18	44	17	0,91	19,27	44	16,82
	3	0	6	16	34	0,05	5,73	16,22	34
Almodovar	N	357	33	1	0	357	33,51	0,48	0,01
	1	34	238	22	2	33,50	238	21,42	3,08
	2	0	21	23	13	0,49	21,6	23	11,91
	3	0	4	10	46	0,01	2,89	11,1	46

N–Não-seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

No Quadro 6.15 apresentam-se as estimativas e intervalos de confiança para as *odds* E_{i1}/E_{ik} . Esta razão de probabilidades favoráveis indica-nos quão mais provável é transitar para a classe de “Não-seca” (1) do que para uma outra qualquer classe de seca (k) dada a actual classe de seca i .

Quadro 6.15 Estimativas e intervalos de confiança para as $odds E_{i1}/E_{ik}$

		Classe de seca no instante $t+1$		
		1 ($k=2$)	2 ($k=3$)	3 ($k=4$)
Portalegre				
Classe de seca no instante t	N	8,6452	179,6481	4138,1330
	($i=1$)	[6,2591 ; 11,9408]	[64,0170 ; 504,1388]	[806,8272 ; 21224,0561]
	1	0,1762	1,8185	10,1148
	($i=2$)	[0,1264 ; 0,2457]	[1,1072 ; 2,9867]	[4,3466 ; 23,5380]
	2	0,0875	0,0475	0,1424
	($i=3$)	[0,0311 ; 0,2464]	[0,0162 ; 0,1392]	[0,0454 ; 0,4470]
	3	0,0211	0,0062	0,0026
	($i=4$)	[0,0054 ; 0,0821]	[0,0011 ; 0,0334]	[0,0005 ; 0,0141]
Elvas				
Classe de seca no instante t	N	10,9244	∞	677,9001
	($i=1$)	[7,5903 ; 15,7231]		[89,7315 ; 5121,3967]
	1	0,1286	1,1901	15,5180
	($i=2$)	[0,0888 ; 0,1863]	[0,7148 ; 1,9813]	[5,0843 ; 47,3630]
	2	0	0	0
	($i=3$)			
	3	0,2501	0,0393	0,0308
	($i=4$)	[0,0275 ; 2,2756]	[0,0051 ; 0,3005]	[0,0038 ; 0,2468]
Évora				
Classe de seca no instante t	N	10,9572	740,2589	32532,67
	($i=1$)	[7,6914 ; 15,6089]	[102,4944 ; 5346,4700]	[1961,061 ; 539694,667]
	1	0,1702	1,5250	9,2813
	($i=2$)	[0,1187 ; 0,2440]	[0,8983 ; 2,5890]	[3,8495 ; 22,3775]
	2	0,0226	0,0097	0,0246
	($i=3$)	[0,0031 ; 0,1641]	[0,0013 ; 0,0724]	[0,0033 ; 0,1868]
	3	0,0031	0,0006	0,0003
	($i=4$)	[0,0002 ; 0,0436]	[0,00003 ; 0,0097]	[0,00002 ; 0,0052]
Beja				
Classe de seca no instante t	N	9,3652	344,4676	693,6725
	($i=1$)	[6,7065 ; 13,0778]	[82,3817 ; 1440,3436]	[92,1356 ; 5222,5383]
	1	0,1645	1,6000	36,8922
	($i=2$)	[0,1168 ; 0,2316]	[0,9687 ; 2,6427]	[8,3123 ; 163,7382]
	2	0,0435	0,0252	0,0937
	($i=3$)	[0,0104 ; 0,1824]	[0,0058 ; 0,1088]	[0,0201 ; 0,4362]
	3	0,4981	0,0465	0,0126
	($i=4$)	[0,0450 ; 5,5181]	[0,0061 ; 0,3542]	[0,0016 ; 0,0970]
Barrancos				
Classe de seca no instante t	N	8,0687	369,8139	6075,381
	($i=1$)	[5,8831 ; 11,0665]	[90,7005 ; 1507,8458]	[810,4757 ; 45541,4717]
	1	0,2080	2,1728	7,0569
	($i=2$)	[0,1503 ; 0,2879]	[1,3040 ; 3,6203]	[3,4079 ; 14,6131]
	2	0,0474	0,0208	0,0545
	($i=3$)	[0,0116 ; 0,1940]	[0,0049 ; 0,0881]	[0,0128 ; 0,2328]
	3	0,0094	0,0033	0,0016
	($i=4$)	[0,0015 ; 0,0600]	[0,0004 ; 0,0256]	[0,0002 ; 0,0120]
Almodovar				
Classe de seca no instante t	N	10,6547	737,3038	32925,41
	($i=1$)	[7,4749 ; 15,1871]	[101,0336 ; 5380,5566]	[1916,283 ; 565721,727]
	1	0,1407	1,5621	10,8482
	($i=2$)	[0,0980 ; 0,2021]	[0,9243 ; 2,6399]	[4,1621 ; 28,2747]
	2	0,0226	0,0212	0,0408
	($i=3$)	[0,0031 ; 0,1640]	[0,0028 ; 0,1594]	[0,0052 ; 0,3186]
	3	0,0035	0,0009	0,0002
	($i=4$)	[0,0003 ; 0,0491]	[0,00005 ; 0,01625]	[0,00001 ; 0,00392]

N-Não-seca

1-Seca Ligeira

2-Seca Moderada

3-Seca Severa e Extrema

Pode concluir-se, observando os valores apresentados na primeira linha de cada bloco (local) do Quadro 6.15, que a permanência no estado de “Não-seca” é sempre mais provável que a transição para outro qualquer estado de seca dado que o limite inferior dos intervalos de confiança destas *odds* são sempre superiores a 1, em todos os locais.

Quando se considera uma classe de seca de maior severidade, a permanência nessa classe de seca também é sempre mais provável do que a transição para a classe de “Não-seca”. Neste caso os limites superiores dos intervalos de confiança das *odds* E_{i1}/E_{ik} , com $i = k$, $i \neq 1$, as quais representam as razões de probabilidades favoráveis da transição entre qualquer classe de seca e a classe de “Não-seca” (1) *versus* a permanência nessa mesma classe, são sempre inferiores a 1. Por exemplo em Évora, E_{21}/E_{22} toma o valor 0,1702, inferior a 1 dado que o limite superior do intervalo de confiança respectivo é 0,2440, o que indica que a transição do estado de seca ligeira para “Não-seca” é menos provável que a permanência em seca ligeira. As transições da classe de seca moderada para a classe de seca ligeira ou para a classe de seca severa/extrema são sempre mais prováveis que a transição para a classe de “Não-seca”; as respectivas *odds*, E_{31}/E_{32} e E_{31}/E_{34} apresentam valores reais inferiores a 1. Quando a classe actual corresponde a seca severa/extrema a transição para a classe de “Não-seca” é sempre menos provável do que a transição para qualquer outra classe de seca, à excepção de Beja e Elvas em que a transição de seca severa/extrema para “Não-seca” ou para seca ligeira são igualmente prováveis, pois o intervalo de confiança de E_{41}/E_{42} inclui o valor 1.

As transições da classe de seca ligeira para “Não-seca” e de seca ligeira para seca moderada são igualmente prováveis em todos os locais com excepção de Barrancos e Portalegre; nestes locais a transição de seca ligeira para “Não-seca” é mais provável do que para seca moderada.

Conforme foi referido em 6.3.1 o desenvolvimento e posterior de aplicação destes modelos na caracterização das transições entre classes de seca, nos seis locais mencionados, foi realizado por Ferreira (2004). Ferreira (2004) efectuou a predição da classe de seca mais provável, após permanência, dois meses consecutivos, na mesma classe de seca. Como conclusões gerais desse trabalho salientam-se: a) A permanência de uma dada classe de seca após um ou dois meses nessa classe de seca é, regra geral, mais provável do que a transição para qualquer outra classe de seca; b) É sempre mais provável, em caso de diminuição de severidade, a transição para a classe de seca de severidade anterior e, no caso de acréscimo de severidade, a transição para a classe de severidade seguinte.

6.6 Síntese

Neste capítulo apresentam-se os modelos de Markov e log-lineares bidimensionais que posteriormente se aplicam na modelação das séries temporais do índice de seca SPI, calculado para uma escala de tempo de 12 meses. Ambos os modelos se aplicam às matrizes de transição entre classes de severidade de seca.

A modelação pelas cadeias de Markov permite estimar as probabilidades das várias classes de seca, o seu tempo de recorrência, o tempo de permanência ininterrupta numa dada classe de seca, o tempo esperado de transição entre classes de seca. Os modelos log-lineares foram aplicados com o objectivo de avaliar quão mais provável é a transição para uma classe de seca, em detrimento de outra, dada a classe de seca actual.

Na modelação por cadeias de Markov utilizaram-se duas formulações: a formulação homogénea e a formulação não-homogénea em que as matrizes das frequências de transição entre classes de seca são estimadas para os 12 meses do ano. A adequação e validação do modelo de Markov foi analisada para todos os locais e também para a série de severidade de seca regional, resultante da aplicação do critério de área crítica variável apresentado no Capítulo 5.

No que respeita à predição de futuras classes de severidade de seca, quer pelos modelos de Markov quer pelos modelos log-lineares, verificou-se que devido à estrutura diagonal da matriz de frequências de transição, as transições para a mesma classe de seca são as mais prováveis; as transições são tanto menos prováveis quanto mais afastadas em termos de severidade estiverem as classes de seca consideradas. A formulação não-homogénea das cadeias de Markov permite prever a dissipação de uma seca na região quando o mês inicial considerado é o mês de Outubro e o decréscimo de severidade quando os meses iniciais são Outubro ou Janeiro.

Pode também concluir-se que o tempo esperado para atingir a classe de “Não-seca” é tanto maior quanto maior o grau de severidade da classe de seca actual; de um modo geral, o tempo esperado de transição entre classes de severidade cresce com o afastamento entre as classes de partida e de chegada. O tempo esperado de permanência nas classes de seca é tanto mais elevado quanto menor a severidade da seca, em conformidade com as probabilidades das classes de seca consideradas, à excepção da classe que resulta da fusão da seca severa com a seca extrema. Conclui-se também que o tempo esperado para a dissipação de uma seca é menor que o tempo esperado para o seu estabelecimento.

Capítulo 7. Conclusões

Entre as metodologias escolhidas para identificação e caracterização das secas, teoria dos chorrilhos, SPI e Índice de Palmer, o SPI foi o que se revelou mais adequado.

A teoria dos chorrilhos, aplicada à precipitação, tem como principal desvantagem o facto de a discretização temporal da análise não levar em conta os efeitos cumulativos de intervalos de tempo anteriores quer na identificação quer no possível agravamento de uma situação de seca. É uma metodologia que parece mais adequada à análise estatística da seca do que à monitorização em tempo real.

O SPI, para além da flexibilidade que lhe é inerente pelo facto de poder ser calculado mensalmente para várias escalas temporais, apenas depende de dados da precipitação. O índice permite uma monitorização continuada da precipitação, com o objectivo de detectar anomalias e o início e estabelecimento, muitas vezes lento e de difícil percepção, e posterior desenvolvimento e dissipação de condições de seca. O SPI, calculado mensalmente, deriva da distribuição de probabilidades da precipitação, acumulada durante intervalos de tempo com duração previamente escolhida, referida como escala de tempo. Dado que a seca é um fenómeno de desenvolvimento lento, a memória incorporada no índice permite avaliar a evolução da situação. O SPI tem ainda a vantagem de ter associada uma escala de severidade que permite identificar, mês a mês, qual o grau de severidade da seca e a respectiva probabilidade.

Torna-se necessário investigar, para escalas de tempo inferiores a 12 meses, a existência de distribuições alternativas à distribuição gama, considerando eventualmente distribuições a 3 parâmetros e testar outros métodos de estimação dos parâmetros, por exemplo o método dos momentos-L, pois a distribuição gama com parâmetros estimados pelo método da máxima verosimilhança provou não ser adequada para representar a precipitação acumulada para durações de 3 meses. O SPI calculado em menores escalas de tempo (3 meses) poderá auxiliar, em conjunto com as metodologias de modelação temporal aplicadas ou outras, o diagnóstico da possível evolução de uma seca, uma vez que a resposta do índice à precipitação é mais rápida para menores intervalos de tempo.

O índice de Palmer, baseado no balanço hídrico do solo, tem como desvantagem o facto de requerer, para além da precipitação, dados climáticos para o cálculo da evapotranspiração. Apesar da existência de recomendações da FAO para o cálculo da evapotranspiração, muitos autores continuam a utilizar a evapotranspiração calculada pelo método de Thornthwaite, que apenas depende da temperatura média do ar, no cálculo do

índice. Verificou-se, para as condições da região em que foi aplicado, o Alentejo, que o índice é sensível ao método de cálculo da evapotranspiração. Tal facto não invalida a utilização do método da FAO Penman-Monteith na estimação da evapotranspiração, método esse que deverá ser incorporado no algoritmo de cálculo do índice, dando seguimento às recomendações da FAO. Na ausência do conjunto completo de dados climáticos necessários ao cálculo de ETo pelo método da FAO Penman-Monteith (temperatura máxima e mínima do ar, insolação, humidade relativa do ar, velocidade do vento) deverão utilizar-se os procedimentos alternativos recomendados, em que ETo poderá ser estimada usando as temperaturas máxima e mínima do ar e informação regional. As simulações efectuadas revelam que o índice de Palmer é influenciado significativamente pela reserva utilizável do solo *TAW*. Por outro lado, os pressupostos em que Palmer se baseia, um balanço hídrico do solo em duas camadas, em que a camada superficial tem uma reserva utilizável de 25 mm, não parece muito adequado para as condições mediterrâneas. O algoritmo de Palmer para o balanço hídrico deverá pois ser calibrado com resultados de outros modelos de balanço hídrico em que seja tida em conta a vegetação da região. Uma das vantagens do índice é o facto de ter uma escala de severidade associada. Não sendo um índice probabilístico, a sua calibração e a estimativa da característica climática tal como proposto por Heddinghaus e Sabol (1991) permitirá expressar a severidade da seca em função da distribuição empírica de probabilidades.

Os resultados referentes ao índice de Palmer e ao SPI indicam que se obtém uma maior concordância entre os dois índices quando a evapotranspiração, no caso do PDSI, é calculada seguindo as recomendações da FAO Penman-Monteith e a escala de tempo de 12 meses é incorporada no cálculo do SPI.

Quando se comparam os resultados obtidos pelo SPI-12 com os resultados quer da teoria dos chorrilhos quer do índice de Palmer constata-se que o SPI identifica um maior número de secas e secas com maior duração, na generalidade dos locais analisados. O tempo médio de confirmação da seca, característica obtida com o SPI para as secas locais e regionais poderá, em conjunto com a modelação temporal efectuada, auxiliar a detecção do estabelecimento das secas.

A análise regional efectuada permite não só identificar a seca na região mas também avaliar qual a sua extensão espacial e grau de severidade. Quando se utiliza o SPI na análise regional é mais adequado utilizar o critério da área crítica variável por forma a identificar o grau de severidade da seca.

A modelação temporal das transições entre classes de severidade de seca através de cadeias de Markov permite estimar as probabilidades de transição entre categorias de severidade de seca. A estimativa do tempo de permanência ininterrupta numa dada classe de severidade é um bom indicador da persistência dessa categoria de seca. O tempo esperado para abandonar uma dada categoria de seca, regressando à situação de “não-seca” pode equivaler ao tempo esperado de dissipação da seca. Conclui-se da modelação temporal efectuada que o tempo esperado para o estabelecimento de uma seca é geralmente superior ao tempo de dissipação da mesma.

Em termos de predição da evolução do grau de severidade verificou-se a tendência de reprodução da situação actual nos meses mais próximos, quer quando se utilizam os modelos de Markov quer os modelos log-lineares. A verificar-se mudança de severidade é mais provável que a mudança se dê para a classe de severidade imediatamente anterior ou posterior à classe de seca actual. Tal facto resulta da forte componente diagonal das matrizes de transição. Os modelos log-lineares, utilizados para efectuar a predição da severidade da seca, têm a vantagem de permitir fazer inferências. Ambos os modelos permitem mapear as probabilidades de transição de uma dada categoria de seca, num dado mês, para outras categorias, nos meses seguintes.

Os resultados deste estudo constituem uma contribuição no domínio da identificação e da caracterização das secas.

A utilização simultânea de vários índices, de várias escalas temporais e a compreensão da forma como se comportam espacial e temporalmente, conjugada com a informação de agentes/instituições locais ligadas aos recursos hídricos permite uma melhor caracterização e monitorização das secas. A construção de cenários, utilizando diferentes quantidades de precipitação para o(s) mes(es) próximos, conjugada com a utilização do SPI em várias escalas temporais e de outros índices de seca e com a modelação temporal apresentada poderão auxiliar a previsão da evolução futura das condições.

A aplicação destas metodologias na monitorização das variáveis determinantes da seca e na predição e a divulgação, em tempo útil, dos resultados obtidos, poderão contribuir para a mitigação dos efeitos da seca e para uma preparação mais atempada.

A criação de um sistema de observação da seca a funcionar permanentemente e não apenas em situações de crise, a apresentação da informação sob a forma de mapa, acessível ao público em geral e actualizado regularmente deverá ser uma prioridade. Esta informação é essencial para a adopção de medidas de mitigação, para a definição de políticas públicas de investimento e financiamento, para o estabelecimento de planos de

contingência a desencadear em caso de seca. Os planos deverão estabelecer medidas a tomar de acordo com os diferentes graus de severidade da seca e com a vulnerabilidade da região. A disponibilização desta informação poderá também contribuir para uma maior sensibilização dos sectores envolvidos e do público e para a adopção de medidas de poupança e conservação da água.

Referências Bibliográficas

- Agresti, A. (1984). *Analysis of ordinal categorical data*. J. Wiley & Sons, New York.
- Agresti, A. (1990). *Categorical data analysis*. J. Wiley & Sons, New York.
- Agnew, C.T. (2000). Using the SPI to identify drought. *Drought Network News*, 12 (1), pp.6–12.
- Alba, I.; Rodrigues, P.N.; Pereira, L.S. (2003). Irrigation scheduling simulation for citrus in Sicily to cope with water scarcity. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 223–242.
- Allen R.G.; Pereira L.S.; Raes D.; Smith M. (1998) *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrig. Drain. Pap. 56, FAO, Rome.
- Alley, W.M. (1984). The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, pp.1100–1109.
- Almeida, M.J. (1981). Períodos de seca em Portugal Continental. *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, Lisboa, pp. 27–56.
- Al-Salihi, A. (2003). Drought identification and characterisation in Jordan. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 89–102.
- Álvarez, J.; Estrela, T. (2003). Regionalisation and identification of droughts in Mediterranean countries of Europe. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 123–146.
- Alves, I.L. (1995). *Modelação da evapotranspiração cultural. Resistências aerodinâmicas e do coberto*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Alves, M.H. (2003). Aproveitamentos hidráulicos, alterações dos regimes naturais e caudal ecológico. In: M.H. Alves e J.M. Bernardo (Eds.) *Caudais Ecológicos em Portugal*, Instituto da Água, Lisboa, pp. 2.1–2.16.
- Alves, M.H.; Bernardo, J.M. (2003). Determinação de caudais ecológicos. In: M.H. Alves e J.M. Bernardo (Eds.) *Caudais Ecológicos em Portugal*, Instituto da Água, Lisboa, pp. 3.1–3.273.
- American Meteorological Society (1997). Meteorological drought – Policy statement. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, pp. 847–849.
- Anderson, T.W.; Goodman, L.A. (1957). Statistical Inference about Markov Chains. *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 28, No. 1, pp. 89–110.
- Banik, P.; Mandal, A.; Rahman, M.S. (2002). Markov Chain Analysis of Weekly Rainfall Data in Determining Drought-proneness. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol. 7 pp. 231–239.
- Barceló, A.M. (1995). Five-Year Drought Continues in Spain, In: *Drought Network News*, Oct 1995, National Drought Mitigation Center.
- Bergaoui, M. (2003). Local and regional droughts in Siliana catchment, Tunisia. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 79–87.

- Bettencourt, M. (1975). *Frequência da ocorrência de anos secos e chuvosos em Portugal*. Relatório Interno, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.
- Bhalme, H.N.; Mooley, D.A. (1980). Large-Scale Droughts/Floods and Monsoon Circulation, *Monthly Weather Review*, Vol. 108, No. 8, pp. 1197–1211.
- Bickenbach, F.; Bode, E. (2003). Evaluating the Markov Property in Studies of Economic Convergence. *Int. Regional Science Review*, 26, 3, pp.363–392.
- Bishop, Y.M.M.; Fienberg, S.E.; Holland, P.W. (1975). *Discrete multivariate analysis: theory and practice*. Cambridge, M.A., MIT Press.
- Briffa, K.R.; Jones, P.D.; Hulme, M. (1994). Summer Moisture variability across Europe, 1982–1991; An analysis based on the Palmer Drought Severity Index. *Int. J. Climatol.* 14, pp. 475–506.
- Burgaz, F. (2000). Insurance Systems and Risk Management in Spain. In: *Income Risk Management in Agriculture*. OECD.
- Câmara C.; Mendes, M.A.; Trigo, R.M. (2004). Tipos de circulación atmosférica y su influencia en el régimen de precipitaciones en Portugal. In: *La Oscilación del Atlántico Norte y sus efectos sobre la Península Ibérica y Canarias*. Univ. de Vigo.
- Cancelliere, A.; Ancarani, A.; Rossi, G. (1995). Identification of drought periods on streamflow series at different time scales. In: Tsiourtis (Eds.) *Water Resources Management under Drought or Water Shortage Conditions*, Balkema, Rotterdam, pp. 49–57.
- Cancelliere, A.; Rossi, G. (2003). Droughts in Sicily and comparison of identified droughts in Mediterranean regions. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 103–122.
- Cancelliere, A.; Salas, J.D. (2004). Drought length properties for periodic–stochastic hydrologic data. *Water Resour. Res.* 40, W02503, 13 pp.
- Carvalho, T.M.M.; Coelho, C.O.A.; Ferreira, A.J.D.; LaQuina, A.; Naafa, R.; Hamza, A. (1999). MEDCHANGE – Os efeitos das mudanças no uso da terra e nas técnicas de manejo em sistemas agro-silvo-pastoris, sobre os processos de degradação do solo: O contexto sócio-económico e a percepção do risco. In: *VIII Colóquio Ibérico de Geografia*. Actas. Volume I, Lisboa, 1999. Departamento de Geografia e Planeamento Regional, FCSH, UNL, Lisboa.
- Çınlar, E. (1975). *Introduction to Stochastic Processes*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Clarke, R.T. (1973). *Mathematical models in hydrology*. FAO Irrig. Drain. Pap. 19, FAO, Rome.
- Clausen, B.; Pearson, C.P. (1995). Regional frequency analysis of annual maximum streamflow drought. *Journal of Hydrology*, 173, pp. 111–130.
- Conover, W.J. (1980). *Practical Non Parametric Statistics*. John Wiley & Sons.
- COPA COGECA (2003). Assessment of the impact of heat wave and drought of the summer 2003 on agriculture and forestry. In: www.copa-cogeca.be/pdf/pocc_03_78i4_1e.pdf.
- Cordery I.; McCall M. (2000). A model for forecasting drought from teleconnections. *Water Resour. Res.* 36, pp. 763–768.
- Correia, F.N. (1999). Water resources in the Mediterranean region. *Water International* 24(1), pp. 22–30.

- Correia, F.N. (1999). Water resources under the threat of desertification. In: P. Balabanis, D. Peter, A. Ghazi, M. Tsogas (Eds.) *Mediterranean Desertification. Research. Results and Policy Implications*. European Commission, DG Research, EUR 19303, Brussels, pp. 215–241.
- Correia, F.N. (2000). Algumas tendências actuais da gestão dos recursos hídricos. 1^o *Seminário do IHERA e da APRH “A Agricultura Portuguesa, a Água e o Ambiente”*, 1999, texto baseado na transcrição da comunicação oral.
- Correia, F.N. (2004). Desertificação em Portugal. Incidência no ordenamento do território e no desenvolvimento urbano (Volume 2). *Os Agentes Locais e os Processos de Desenvolvimento nas Zonas Sujeitas a Desertificação*. IST-UTL, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- Correia, F.N.; Santos, M.A.; Rodrigues, R. (1987). Engineering risk in regional drought studies. In: *Engineering Reliability and Risk in Water Resources*, Martinus Nijhoff Publ. NATO ASI Series E, pp. 61–86.
- CRED (2004). International Disaster Database. Center for the Research on the Epidemiology of Disasters, WHO. In: www.cred.be.
- Cunha, L.V. (1982). *As secas – caracterização, impactos e mitigação*. Secretaria de Estado do Urbanismo e Ambiente, Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa.
- D'Agostino R.B.; Stephens M.A. (1986). *Goodness-of-fit techniques*. New York.
- Das, H.P.; Adamenko, T.I.; Anaman, K.A.; Gommers, R.G.; Johnson, G. (2003). *Agrometeorology Related to Extreme Events*. Technical Note No. 201. WMO No. 943.
- DEASR (2002). *A Gestão de Riscos na Actividade Agrícola e alguns dos seus instrumentos*. Doc. Trabalho do Departamento de Economia Agrícola e Sociologia Rural, Instituto Superior de Agronomia.
- DGA (2001). *Programa Nacional para as Alterações Climáticas*. Direcção-Geral do Ambiente, Lisboa.
- DICA (2000). Regional Drought Identification Module REDIM. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Catania, Catania.
- Doorenbos, J.; Kassam A.H. (1979) *Yield Response to Water*. FAO Irrig. Drain. Pap. 33, FAO, Rome.
- Dracup, J.A.; Lee, K.S.; Paulson, E.G. (1980a). On the Statistical Characteristics of Drought Events. *Water Resour. Res.*, 16, (2), pp. 289–296.
- Dracup, J.A.; Lee, K.S.; Paulson, E.G. (1980b). On the Definition of Droughts. *Water Resour. Res.* 16, (2), pp. 297–302.
- Easterling W.E. (1989). Coping with drought hazard: recent progress and research priorities. In: F. Siccardi, R.L. Bras (Eds.) *Natural Disasters in European Mediterranean Countries*. US National Science Foundation and National Research Council of Italy, Perugia, pp. 231–270.
- El Amami H.; Zairi A.; Pereira L.S.; Machado T.; Slatni A.; Rodrigues P.N. (2001). Deficit irrigation of cereals and horticultural crops. 2. Economic analysis. *Agr. Engng. Intern.* (www.agen.tamu.edu/cigr/) Vol. III, Manuscript LW 00 007b.
- Enne, G.; Peter, D.; Zanola, C.; Zucca, C. (2004). *The MEDRAP concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Workshop results and proceedings*. Univers. di Sassari.

- Espírito Santo, F. (1993). Vigilância e caracterização das secas – a teoria do caos e previsão a longo prazo. *Simpósio Catástrofes Naturais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Falkenmark, M. (1986). *Fresh water – Time for a modified approach*. AMBIO. XV(14)
- Falkenmark, M. (1991). *Approaching the ultimate constraint: water-short third world countries at a fatal crossroad*. Study week on Resources and Population, Pontifical Academy, 17–22 November, 1991. Vatican City.
- FAO (2003). *Review of world water resources by country*. Water Reports, 23. Rome, 2003.
- Fernando, R.M.; Cameira, M.R. (2000). Avaliação dos resultados da aplicação dos programas de acção comunitários às regiões vulneráveis (Portarias 595/98, 622/98 e 683/98). ISA/IHERA.
- Ferreira, E.M.N.O. (2004). *Aplicação de modelos log-lineares ao estudo das probabilidades de transição entre classes de seca na região do Alentejo*. Tese de mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Fonseca, M.J.; Coelho, C.A. (1998). Aplicação de Modelos Log-Lineares ao Estudo de Tabelas de Contingência de Estrutura Diagonal. In: *Estatística: a diversidade na unidade. Actas do V Congresso Anual da Sociedade Portuguesa de Estatística*, pp. 437–446.
- Garrido, A. (2004). Social and environmental Impacts. In: *Drought Preparedness and Mitigation Strategies in the Mediterranean Region*, Advanced Course, CIHEAM, Zaragoza, Spain, April 2004.
- Gibbs, W.J.; Maher, J.V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Gleick, P.H. (1996). Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. *Water International*, vol 21, Nr2, pp. 83–92.
- Gleick, P.H. (1998). *The World's Water 1998–1999*. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press, Washington DC.
- Gleick, P.H. (1999). The Human Right to Water. *Water Policy*, 1(5), pp. 487–503.
- Gleick, P.H. (2003). *Water Conflict Chronology*. Pacific Institute, Updated August 18, 2003. http://www.pacinst.org/reports/water_fact_sheet/
- Gleick, P.H. (2004). *The World's Water 2004–2005*. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press, Washington DC.
- Goldsmith, H.; Mawdsley, J.; Homann, S. (1997). Drought, climate change and water resources in north east England. BHS 6th *National Hydrology Symposium*, Salford.
- Gommes, R.; Fresco, L.O. (1998). Everybody complains about climate...What can agricultural science and the CGIAR do about it?. In: *Mobilizing Science for Global Food Security*, World Bank, CGIAR meeting, May, 1998, Brasil.
- Gommes, R.; Petrassi, F. (1994). *Rainfall variability and drought in sub-Saharan Africa since 1960*. FAO Agrometeorology Series Working Papers n. 9.
- Gonçalves, M.J.Z. (1982). Contribuição para o estudo das secas em Portugal Continental. *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, 1982, Lisboa, pp. 35–118.
- GPPAA (2000). Agricultura do Alentejo: principais indicadores. Min. da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas.
- Greenwood, J.A.; Durand, D. (1960). Aids for fitting the gamma distribution. *Technometrics*, vol. 2, Nr1, pp. 55–66.

- Greenwood, J.A.; Landwehr, J.M.; Matalas, N.C.; Wallis, J.R. (1979). Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resour. Res.*, 15, pp. 1049–1054.
- Guerrero-Salazar, P.; Yevjevich, V. (1975). Analysis of Drought Characteristics by the Theory of Runs. *Hydrology Paper* Nr. 80, Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Gujarati, D.N. (1995). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill, Inc.
- Guttman, N.B. (1993). The use of L-moments in the determination of regional precipitation climates. *Journal of Climate*, 6, 2309–2325.
- Guttman, N.B. (1998). *Homogeneity, Data Adjustments and Climatic Normals*. Water NCD, Março 1998.
- Guttman, N.B. (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardised precipitation index. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 34(1), pp. 113–121.
- Guttman, N.B.; Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1993). Regional precipitation quantile values for the continental U.S. computed from L-moments. *Journal of Climate*, 6, pp. 2326–40.
- Guttman, N.B.; Quayle, R.G. (1996). A historical perspective of U.S. climate divisions. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77(2), pp. 293–303.
- Haan, C.T.; Allen, D.M.; Street, J.O. (1976). A Markov Chain Model of Daily Rainfall. *Water Resour. Res.* 12, (3), pp. 443–449.
- Haan, C.T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State Univ. Press.
- Hayes, M. (2003). *Drought indices*. National Drought Mitigation Center home page, Lincoln, Nebraska.
- Heddinghaus, T.R.; Sabol P. (1991). A Review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here? In: *Proceedings of the 7th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society*, pp. 242–246.
- Heim, R.R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83(8), pp.1149–1165.
- Helsel, D.R.; Hirsch, R.M. (1992). *Statistical Methods in Water Resources*. Elsevier, Amsterdam.
- Henriques, A.G. (1981). *Análise da distribuição de frequências de caudais instantâneos máximos anuais. Aplicação à previsão de caudais de cheias*. Relatório 62/13/7419, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Henriques, A.G. (1985). *Avaliação dos Recursos Hídricos de Portugal Continental. Contribuição para o ordenamento do território*. Lisboa, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento, caderno 9, 1985.
- Henriques, A.G. (1990). *Modelos de distribuição de frequência de caudais de cheia*. Tese de doutoramento, Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Henriques, A.G.; Santos, M.J.J. (1996). Modelo de caracterização de secas regionais. In: *3º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa dos Recursos Hídricos/Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Herbst, P.H.; Bredenkamp, D.B.; Barker, H.M. (1966). A technique for the evaluation of drought from rainfall data. *Journal of Hydrology*, 4(3), pp. 264–272.
- Hirsch, R. M. (1982). A comparison of four streamflow record extension techniques. *Water Resour. Res.* 18(4), pp. 1081–1088.

- Hisdal, H.; Tallaksen, L.M. (2000). Drought Event Definition. *ARIDE, Technical Report No. 6*, December, 2000.
- Hosking, J.R.M. (1986). The theory of probability weighted moments. *Research Report RC12210*, IBM Research Division, Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J.R.M. (1990). L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 52, 105–1.
- Hosking, J.R.M. (1991). Approximations for use in constructing L-moment ratio diagrams. *Research Report RC 16635*, IBM Res. Div., Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1993). Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*, 29 (2), pp. 271–281.
- Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1996). The U.S. National Electronic Drought Atlas: statistical data analysis with GIS-based presentation of results. *Research Report RC 20499 (90858)*. IBM Res. Div. T.J. Watson Res. Center, Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1997). *Regional frequency analysis: an approach based on L-moments*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Hoyt, J.C. (1936). Droughts of 1930–1934. *USGS Water Supply Paper* no 680, USGS, Washington, D.C.
- Hughes, B.L. (2002). *The Long-Range Predictability of European Drought*. PhD Thesis, Dep. Space and Climate Physics, University of London.
- INAG (1995). *Recursos Hídricos de Portugal Continental e sua utilização*, vol.1, Lisboa.
- INAG (1996). *Recursos Hídricos de Portugal Continental e sua utilização*, vol.2, Lisboa.
- INAG (2001). *Plano Nacional da Água*. INAG, Lisboa.
- INE (1995). *Contas Regionais*. INE, Lisboa.
- Isaacson, D.L.; Madsen, R.W. (1976). *Markov Chains: Theory and Applications*. John Wiley and Sons. New York.
- Keyantash, J.; Dracup J.A. (2002). The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83(8), pp. 1167–1180.
- Kim, T.; Valdés, J.B. (2002). Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River basin, Mexico. *Water International*, 27 (3), pp.420–430, September, 2002.
- Kite, G.W. (1988). *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado.
- Kjeldsen, T.R.; Smithers, J.C.; Schulze, R.E. (2002). Regional flood frequency analysis in the KwaZulu-Natal province, South Africa, using the index-flood method. *Journal of Hydrology*, 255, pp. 194–211.
- Kosmas, C. (1998). Lesvos land degradation and desertification. Agricultural University of Athens. Laboratory of Soils and Agricultural Chemistry. Athens. In <http://www.desertification.it/doc/ASINARA%20WEB/11kosmas.htm>
- Lanen, H.A.J. e Peters E. (2000). Definitions, effects and assessment of groundwater droughts. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 49–61.
- Le Houérou, H.N.; Popov, G.F.; See, L. (1993). Agro-bioclimatic classification of Africa. *FAO Agrometeorology Series Working Papers*, nr 6. Rome.

- Leal, G. (1995). *Necessidades de água para rega no Continente. Situação actual e previsão da evolução futura*. IHERA, MADRP. Lisboa.
- Lee, S.H.; Maeng, S.J. (2003). Frequency analysis of extreme rainfall using L-moments. *Irrigation and Drainage*, 52, pp.219–230.
- Lettenmaier, D.P.; Wood E.F. (1993). Hydrologic Forecasting. In: Maidment, D.R. (Ed) *Handbook of Hydrology*, McGraw–Hill, pp. 26.1–26.30.
- Linsley, R.K.Jr.; Kohler, M.A.; Paulhus, J.L.H. (1988). *Hydrology for engineers*. McGraw–Hill.
- Lloyd–Hughes, B.; Saunders, M.A. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, 22, pp. 1571–1592.
- LNEC/ISA (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Instituto da Água. Lisboa.
- Lohani, V.K.; Loganathan, G.V. (1997). An Early Warning System for Drought Management Using the Palmer Drought Index, *J. Amer. Water Resour. Assoc.* (JAWRA) 33(6), pp. 1375–1386.
- Lohani, V.K.; Loganathan, G.V.; Mostaghimi, S. (1998). Long–Term Analysis and Short–Term Forecasting of Dry Spells by the Palmer Drought Severity Index, *Nordic Hydrology* 29(1), pp. 21–40.
- Loureiro, J.M. (1976). *Breves notas sobre o regime pluviométrico do Algarve. Avaliação de recursos de água superficiais. Período de Estiagem–Secas*. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. Lisboa.
- Lowry, W.P.; Guthrie, D. (1968). Markov chains of order greater than one. *Monthly Weather Review*, Vol. 96, No 11, pp. 798–801.
- Maracchi, G. (2000). Agricultural drought – a practical approach to definition, assessment and mitigation strategies. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 63–75.
- Matalas, N.C.; Jacobs, B. (1964). A correlation procedure for augmenting hydrologic data. *U.S. Geological Survey professional paper* 434–E, pp. E1–E7.
- Matias, P. (1998). Análise de Frequência de Séries Hidrológicas Anuais. *Textos de apoio às aulas de Hidrologia I*. Dep. Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Matias, P. (2000). Extensão de séries hidrológicas e preenchimento de falhas – modelos lineares. *Textos de apoio às aulas de Hidrologia I*. Dep. Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Matias, P. (2003). Características hidrológicas com interesse para a caracterização do regime e de tipos de escoamento. In: M.H. Alves e J.M. Bernardo (Eds.) *Caudais Ecológicos em Portugal*, Instituto da Água, Lisboa, pp. 7.1–7.83.
- Maunder, W.J.; Johnson, S.R.; McQuigg, J.D. (1971). Study of the effect of weather on road construction: a simulation model. *Monthly Weather Review*, Vol. 99, No 12, pp. 939–945.
- Mendes, M.T; Trigo, R.M.; Da Camara, C.C. (2002). Atmospheric circulation patterns affecting continental Portugal (1881–1995). *3rd Luso–Spanish Assembly of Geodesy and Geophysics*, 4–8 de Fevereiro, 2002, Valencia, Espanha.
- Meuwissen M.P.M.; Huirne B.M.; Hardaker, J.B. (1999). Income insurance in European agriculture, *European Economy* No2, Luxembourg.

- McKee, T.B.; Doesken N.J.; Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, *8th Conference on Applied Climatology*, 17–22 January, Anaheim, CA, pp. 179–184.
- McKee, T.B.; Doesken N.J.; Kleist J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. In: *9th Conference on Applied Climatology*, Am. Meteor. Soc, Boston, pp. 233–236.
- Ministério do Ambiente (2000). *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana*. Vol 1, Maio, 2000.
- Mohan, S.; Rangacharya, N.C.V. (1991). A modified method for drought identification. *Journal of Hydrological Sciences*, 36.
- Murteira, B.J.F.; Müller, D.A.; Turkman, K.F. (1993). *Análise de sucessões cronológicas*. McGraw-Hill. Lisboa.
- NDMC (2004). In: URL: <http://enso.unl.edu/ndmc>.
- Nelder, J.A. (1974). Loglinear models for contingency tables: a generalization of classical least squares. *Appl. Statistics*, 23, pp. 323–329.
- NOAA (2003). NOAA scientists attribute recent drought to ocean influence. *Press release*, January, 31, 2003. In: <http://www.noaa.gov>.
- Nunes, L.M.; Cunha, M.C.; Ribeiro, L. (2002). Utilização do conceito de entropia na optimização de redes de monitorização com reconhecimento simulado. In: *6º Congresso da Água*, APRH, Porto.
- Ochola, W.O.; Kerkides, P. (2003). A Markov chain simulation model for predicting critical wet and dry spells in Kenia: analysing rainfall events in the Kano plains. *Irrig. and Drain*. 52(4), pp. 327–342.
- Oweiss, T. (2001). Coping with Increased Water Scarcity in Dry Areas: Increased Water Productivity. *Proceedings of the international workshop "New Approaches to Water Management in Central Asia"*, Aleppo, Syria 6–11 Nov. 2000. UNU Desertification Series No 3, pp. 75–96.
- Pais, C.; Santos, P. (2000). Escassez de água e mudança institucional: limitações da política tarifária no regadio em Portugal. In: *5º Congresso da Água*. Assoc. Portuguesa de Recursos Hídricos. Lisboa.
- Palmer, W.C. (1965). *Meteorological Drought*. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- Palmer, W.C. (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index, *Weatherwise*, 21, pp. 156–161.
- Paulo, A.A.; Pereira, L.S.; (2002). Analysis of the regional droughts in Southern Portugal using the standardized precipitation index. In: A.H. Maiga, L.S. Pereira LS, A. Musy (Eds.) *Sustainable Water Resources Management: Health and Productivity in Hot Climates*, EIER, Ouagadougou, pp. 83–93.
- Paulo, A.A.; Pereira L.S.; Matias, P.G. (2003a). Analysis of local and regional droughts in southern Portugal using the theory of runs and the Standardised Precipitation Index. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 55–78.
- Paulo, A.A.; Coelho, C.; Pereira, L.S. (2003b). Drought Class Transition Analysis through Markov and Loglinear Models. In: J.M.Tarjuelo, F.M. de Santa Olalla, L.S.Pereira (Eds.) *Envirowater 2003. Land and Water Use Planning and Management*, CREA – Univ. Castilla-La Mancha, Albacete, pp. 35–36, paper A-098 in CD-ROM.

- Paulo, A.A.; Pereira, L.S.; Ferreira, E. (2003c). O índice de Palmer e o índice normalizado de precipitação na identificação de períodos secos. In: JPL Ferreira *et al.* (eds.) *6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa* (APRH/ABRH/AMCT/INGRH, Praia, Cabo Verde, Nov. 2003), APRH, Lisboa, pp. 293–307.
- Paulo, A.A.; Ferreira, E.; Coelho, C.; Pereira, L.S. (2004). Drought Class Transition Analysis through Markov and Loglinear Models, an Approach to Early Warning. *Agricultural Water Management* (submetido).
- Paulo A.A.; Pereira L.S. (2004a). Drought Concepts and Characterization. Comparing Drought Indices Applied at Local and Regional Scales. *Water International* (submetido).
- Paulo A.A.; Pereira L.S. (2004b). Prediction of SPI drought class transitions using Markov chains. *Water International* (submetido).
- Penman, H.L. (1956). Evaporation: an introductory survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 4, pp. 9–29.
- Pereira, L.S. (1989a). Mitigation of droughts. 1. Agricultural. *ICID Bulletin*, 38, pp. 1–15.
- Pereira, L.S. (1989b). Mitigation of droughts. 2. Irrigation. *ICID Bulletin*, 38, pp. 16–34.
- Pereira, L.S. (1990). The Role of Irrigation in Mitigating the Effects of Drought. In: *Transactions of 14th Congress on Irrigation and Drainage*, Rio de Janeiro. Vol 1–F. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). G43.1–G43.27.
- Pereira L.S. (2000). Management of irrigation systems under drought. In: G Batini, G Rossi, M Benedini and G Monacelli (Eds.) *Territorial Planning and Coping with Effects of Drought* (Proc. Int. Workshop, Taormina, Italy, June 1999). Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Roma, CD-ROM paper 1.4.
- Pereira, L.S. (2003). Irrigation demand management to cope with drought and water scarcity. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 19–33.
- Pereira L.S. (2004a). Water and agriculture: Facing environment and scarcity challenges. *Agr. Engng. Intern.* (www.cigr-ejournal.tamu.edu) (submetido).
- Pereira, L.S. (2004b). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Europa–América.
- Pereira, L.S.; Allen R.G. (1999). Crop Water Requirements. Chapter 5.1 of *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. I: Land and Water Engineering*, ASAE, St. Joseph, MI: pp. 213–262.
- Pereira, L.S.; Cordery, I.; Iacovides, I. (2002). *Coping with Water Scarcity*. UNESCO IHP VI, Technical Documents in Hydrology No. 58, UNESCO, Paris, 267 p. (disponível *on line*: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001278/127846e.pdf>).
- Pereira, L.S.; Louro, V.; Rosário, L.; Almeida, A. (2003). Desertification, territory and people. In: Workshop on *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*, NATO – CCMS and Science Committee, Valencia (não publicado).
- Pereira L.S.; Louro V., Rosário L.; Almeida A. (2004). Desertification, territory and people, a holistic approach in the Portuguese context. In: J.L. Rubio *et al.*, (Eds.) *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue*. NATO Sc.Com., Springer Verlag (in press).
- Pereira L.S.; Oweis T.; Zairi A. (2002). Irrigation management under water scarcity. *Agric. Water Manag.* 57, pp. 175–206.
- Pereira, L.S.; Paulo, A.A. (2004). Recursos Hídricos, Secas e Desertificação. In: V. Louro (Ed.) *Desertificação sinais, dinâmicas e sociedade*. Piaget, Lisboa, pp. 47–62.

- Phillips, I.D.; McGregor, G.R. (1998). The utility of a drought index for assessing drought hazard in Devon and Cornwall, South West England. *Meteorol. Applications*, 5, pp. 359–372.
- Pimenta, R.E.; Cristo, F.P. (1998). Vigilância, acompanhamento e predição da evolução das secas em Portugal Continental. In: *4º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa dos Recursos Hídricos, /Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Pimenta, M.T.; Santos, M.J.; Rodrigues, R. (1997). A proposal of indices to identify desertification prone areas. In: *Jornadas de reflexion sobre el Anexo IV de application para el Mediterraneo Norte–Convenio de Lucha contra la Desertificación*. Murcia.
- Pires, V.C.C. (2003). *Frequência e Intensidade de Fenómenos Meteorológicos Extremos associados à Precipitação*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Quiring, S.M.; Papakryiakou T.N. (2003). An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 118, pp. 49–62.
- Real, J.C.; Bernardino, M.C.; Santos, E.G. (1998). Desagregação temporal de séries de precipitação para estudo de impactes de uma alteração climática: o método dos fragmentos. In: *Mediterrâneo*, n 12/13, Jan.–Dez. 1998. Univ. Nova de Lisboa.
- Reis, R.M. (1992). *Contribuição para o conhecimento do regime da precipitação nos anos agrícolas de 1928/29 a 1990/91 em Portugal Continental*. Monografia de Meteorologia e Geofísica, INMG, Lisboa.
- Rockström, J. (2002). Resilience Building and Water Demand Management for Drought Mitigation. In: *3rd WaterNet/Warfsa Symposium 'Water Demand Management for Sustainable Development'*, Dar es Salaam.
- Rodrigo, I.; Caldas, J.C.; Jorge, R.; Martins, M.B. (2001). *As secas: discurso dos actores sociais ou realidade que incorporam nas suas decisões. Síntese e conclusões*. Projecto Interreg II C nº 99.09.6045.2. ISA, DEASR, Lisboa.
- Rodrigues, P.N.; Machado, T.; Pereira, L.S.; Teixeira, J.L.; El Amami, H.; Zairi, A. (2003). Feasibility of deficit irrigation with center–pivot to cope with limited water supplies in Alentejo, Portugal. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 203–222.
- Rodrigues PN; Pereira LS; Zairi A; El Amami H; Teixeira JL; Slatni A; Machado T (2001). Deficit irrigation of cereals and horticultural crops. 1 Simulation of strategies to cope with droughts. *Agr. Engng. Intern.* (www.agen.tamu.edu/cigr/) Vol. III, Manuscript LW 00 007a.
- Rossi, G. (1979). Characteristics of drought over a region and shortage control strategies. *Proc. 18th I.A.H.R. Congress*, Cagliari, Vol. 2.
- Rossi, G. (1989). On the identification of regional droughts. *Excerpta of the italian contribution to the field of Hydraulic Engineering*, Vol.3, pp. 145–166, Gruppo Nazionale Idraulica.
- Rossi, G. (2003). Requisites for a drought watch system. In: G. Rossi, A. Cancellieri, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi; A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 147–157.
- Rossi, G.; Benedini, M.; Tsakiris, G.; Giakoumakis, S. (1992). On regional drought estimation and analysis. *Water Resources Management*, n.6, pp. 249–277.

- Rossi, G.; Cancelliere, A. (2003). At-site and regional drought identification by REDIM model. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, e A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 37–54.
- Roxo, M.J.; Casimiro, P.C. (2004). Desertification: several public and stakeholders perception in the inner lower Alentejo – Desertlinks target area – Portugal. In: G.Enne; D.Peter; C.Zanola; C.Zucca (Eds) *The MEDRAP concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification*. Workshop results and proceedings. Univers. di Sassari. Pp. 375 e 381.
- Roxo, M.J.; Mourão, J.M. (1998). Desertificação: a percepção pública do fenómeno. *Revista Florestal*, vol XI, nº1, pp. 30–34.
- Salas, J.D. (1993). Analysis and Modelling of Hydrologic Time Series. In: D.R. Maidment (Eds) *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, pp. 19.1–19.72.
- Saleth, R.M.; Dinar, A. (2003). *Water Institutions and Sector Performance: A Quantitative Analysis with Cross-Country Data*. Working Paper on Rural Development, March, 2003. World Bank.
- Santos, E.G. (1983a). *Disaggregation Modelling of Hydrological Time Series*. Ph.D. Thesis Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Santos, E.G. (2002). *Caracterização da Informação Hidrológica Qualidade e Suficiência*. Instituto Superior Técnico.
- Santos, F.D.; Forbes, K.; Moita, R. (Eds.) (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project*, Gradiva, Lisbon, Portugal.
- Santos, M.A. (1981). *On the stochastic characterization of regional droughts*. Tese de especialista. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Santos, M.A. (1983b). Regional droughts: a stochastic characterization. *Journal of Hydrology* 66, pp. 183–211.
- Santos, M.A.; Correia, F.N.; Cunha, L.V. (1983). *Drought characterization and drought impacts in Portugal*. Memória No 591, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Santos, M.A.; Gamboa, M. (2000). As secas na parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Minho. Comunicação apresentada no *5º Congresso da Água*, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Lisboa.
- Santos, M.J.J. (1996). *Modelo de distribuição de secas regionais*. Tese de mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Santos, M.J.J. (1998). *Caracterização e monitorização de secas*. Instituto da Água, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Dezembro de 1998.
- Santos, M.J.J.; Henriques, A.G. (1998). Procedimentos para a monitorização de secas, *4º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa de Recursos Hídricos/Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Santos, M.J.J.; Henriques, R.; Fernandes, S.; Rodrigues, R. (1999). Delimitation of Affinity Regions in Western Europe for the application of the Regional Drought Model to annual precipitation data. *ARIDE Technical Report No 4*. Instituto da Água.
- Sen, Z. (1976). Wet and Dry Periods of Annual Flow Series. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, vol. 102, n HY10, pp. 1503–1514.
- Schmidt, L.; Valente, S. (2002). As dimensões mediáticas da água – evolução e tendências. *III Congreso Ibérico Sobre Gestión y Planificación de Aguas*. Sevilla 13–17 de Novembro de 2002.

- Sivakumar, M.V.K.; Wilhite, D.A. (2002). Drought preparedness and drought management. In: *Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification* (Proc. Intern. Conf., Bled, Slovenia), UNESCO and Slov. Nat. Com. ICID, Ljubljana, CD-ROM paper 2.
- Shafer, B.A.; Dezman, L.E. (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. *Proceedings of the Western Snow Conference*, pp. 164–175.
- Shatanawi, M.; Al-Zu'bi, Y.; Al-Jayoussi, O. (2003). Irrigation management dynamics in the Jordan Valley under drought conditions. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 243–258.
- Shiklomanov, I.A. (2000). Appraisal and assessment of world water resources. *Water International* 25(1), pp. 11–32.
- Smith, D.I.; M.F. Hutchinson; McArthur, R.J. (1993). Australian climatic and agricultural drought: payments and policy. *Drought Network News*, 5(3), pp. 11–12.
- Smithers, J.C.; Schulze, R.E. (2001). A methodology for the estimation of short duration design storms in South Africa using a regional approach based on L-moments. *Journal of Hydrology*, 241, pp. 42–52.
- Stahl, K. (2001). Hydrological Drought – a study across Europe. Institute für Hydrologie, Universität Freiburg.
- Stanford, S. (1979). Towards a definition of drought. In: M.T. Hinchey, (Ed.) *Botswana Drought Symposium*. Botswana Society, Gaborone, Botswana.
- Stedinger, J.R.; Taylor M.R. (1982). Synthetic streamflow generation: 2, Effect of parameter uncertainty. *Water Resour. Res.* 18(4), pp. 919–924.
- Stedinger, J.R.; Vogel, R.M.; Foufoula-Georgiou, E. (1993). Frequency analysis of extreme events. In: D.R. Maidment (Eds) *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, pp. 18.1–18.66.
- Steinemann, A. (2003). Drought indicators and triggers: a stochastic approach to evaluation. *J. Amer. Water Resour. Assoc.* (JAWRA) 39(5), pp. 1217–1233.
- Svoboda, M.; LeComte, D.; Hayes, M.; Heim, R.; Gleason, K.; Angel, J.; Rippey, B.; Tinker, R.; Palecki, M.; Stooksbury, D.; Miskus, D. Stephens, S. (2002). The Drought Monitor. *Bull. Amer. Meteor Soc.*, 83(8), pp. 1181–1190.
- Szinell, C.S.; Bussay, A.; Szentimrey, T. (1998). Drought tendencies in Hungary. *Int. J. Climatol.* 18, pp. 1479–1491.
- Tase, N. (1976). Area-deficit intensity characteristics of drought. *Hydrology Paper No87*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Tate, E.L.; Gustard, A. (2000). Drought definition: a hydrological perspective. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 23–48.
- Thornthwaite, C.W. (1944). Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, 1943–1944, *Trans. Am. Geophys. Union*, vol 25, pt. 5, p. 687.
- Tomé, A.R.; Miranda, P.M.A. (2004). Piecewise linear fitting and trend changing points of climate parameters. *Geophysical Research Letters*, vol 31, January 2004.
- Trigo, R.M.; Vázquez, D.P.; Osborn, T.J.; Diéz, Y.C.; Fortis, S.G.; Parra, M.J. (2004). North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.*, 24, pp. 925–944.

- UMA (1999). Programme d'Action Sous-Régional de Lutte contre la Désertification au Maghreb. Union du Maghreb Arabe, Sec. Gen. 1999, UNCCD.
- Vaz, A.C. (1993). *Uma metodologia para a caracterização e monitorização de secas*. Instituto Superior Técnico/Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.
- Vermes, L. (1998). *How to Work Out a Drought Mitigation Strategy: an ICID guide*. 309/1998. DVWK.
- Vicente, S. M.; Begueria-Portugues, S. (2003). Estimating extreme dry-spell risk in the middle Ebro valley (northeastern Spain): a comparative analysis of partial duration series with a general Pareto distribution and annual maxima series with a Gumbel distribution. *International Journal of Climatology*, 23, pp. 1103–1118.
- Vicente, S.M.; Cuadrat, J.M. (2002). Desarrollo de um método analítico para la obtención del SPI (Standardized Precipitation Index) como herramienta para el seguimiento y prevención de sequías climáticas. In Cuadrat, J.M., Vicente, S.M. y Saz, M.A. (Eds.) *La información climática como herramienta de gestión ambiental*, VII Reunión Nacional de Climatología, Universidad de Zaragoza.
- Vlachos, E.; James, L.D. (1983). Drought impacts. In: Yevjevitch, V.; Cunha, L.V.; Vlachos, E. (Eds.) *Coping With Droughts*. Water Resources Publications, Littleton, CO, pp. 44–73.
- Vogel, R.M.; Wilson, I. (1996). Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States. *Journal of Hydrological Engineering* Vol.1, No 2, pp. 69–146.
- Vogel, R. M.; Stedinger J. R. (1985). Minimum variance streamflow record augmentation procedures. *Water Resour. Res.* 21(5), pp. 715–723.
- Vogt, J.V.; Somma, F. (Eds.) (2000). *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer, Dordrecht.
- Wedgbrow, C.S.; Wilby, R.L.; Fox, H.R.; O'Hare G.O. (2001). Prospects for seasonal forecasting of summer drought and low river flow anomalies in England and Wales. *International Journal of Climatology*, 14, pp. 475–506.
- Wells, N. (2002). *A Self-Calibrated PDSI*. In <http://nadss.unl.edu/PDSIReport/pdsi/>, 21/11/2002.
- Wilhite, D.A. (2004). Characterization of drought. In: *Advanced Course Drought Preparedness and Mitigation Strategies in the Mediterranean Region*. Zaragoza (Espanha), Abril 2004.
- Wilhite, D.A.; Easterling, W.E.; Wood, D.A. (Eds.) (1987). *Planning for Drought. Toward a Reduction of Societal Vulnerability*. Westview Press, Boulder and London.
- Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10, pp. 111–120.
- Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. (1987). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. In: D.A.Wilhite; W.E. Easterling; D.A. Wood (Eds.) *Planning for Drought*. Vestview Press, Boulder, CO, pp. 11–27.
- WMO (1992). *International Meteorological Vocabulary*. WMO No 182, WMO.
- WMO (2004). In: http://www.wmo.ch/wmo50/e/world/climate_pages/desert_e.html. Última visita 08-08-2004.
- WSM (2004). Indicators and Indices for decision making in water resources management. *Water Strategy Man Project web site*, National Technical University of Athens.

In: http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/Newsletters/Issue4/Indicators_Appendix.htm.

Última visita 08-08-2004.

Yevjevich, V. (1967). *An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts*, Hydrology Paper No 23, Colorado Sate University, Fort Collins, CO.

Yevjevich, V. (1984). Extremes in hydrology. In: J.T. Oliveira *Statistical extremes and applications*, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 131, pp. 197–220.

Zaidman, M.; Rees, G. (2000). Spatial Patterns of Streamflow Drought in Western Europe 1960–1995. *ARIDE Technical Report No 8*. Centre for Ecology and Hydrology, NERC.

Zairi, A.; El Amami, H.; Slatni, A.; Pereira, L.S.; Rodrigues, P.N.; Machado, T. (2003). Coping with drought: deficit irrigation strategies for cereals and field horticultural crops in Central Tunisia. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 181–202.

Quadro A.1 Identificação, localização e registos disponíveis dos postos udométricos, a Sul do Tejo, com pelo menos 60 anos de dados (continua)TT

Código	Nome do posto	Início	Fim	Longitude (W)		Latitude (N)		Altitude (m)
16L01	Montalvão	1931/32	1999/00	7	32	39	36	331
16L03	Nisa	1931/32	1999/00	7	38	39	31	300
17G02	Chamusca	1931/32	1999/00	8	29	39	22	17
17H01	Abrantes	1931/32	1999/00	8	12	39	28	158
17J01	Gavião	1931/32	1997/98	7	56	39	28	281
17L02	Vale do Peso	1931/32	1999/00	7	39	39	21	297
17M01	Castelo de Vide	1931/32	2000/01	7	27	39	25	540
18G01	Chouto	1910/11	1999/00	8	21	39	17	130
18M01	Portalegre	1909/10	1998/99	7	25	39	17	596
19E01	Muge	1931/32	1999/00	8	43	39	6	15
19G02	Lamarosa	1931/32	1994/95	8	28	39	4	74
19J03	Avis	1910/11	1999/00	7	54	39	4	163
19L01	Cabeço de Vide	1931/32	1999/00	7	35	39	8	398
19L02	Fronteira	1931/32	1998/99	7	39	39	3	245
19M01	Monforte	1910/11	1998/99	7	26	39	3	275
19N01	Arronches	1930/31	1999/00	7	18	39	7	300
20E02	Sto. Estevao	1931/32	1999/00	8	45	38	52	16
20F01	Coruche	1909/10	1996/97	8	32	38	57	50
20I01	Pavia	1910/11	2000/01	8	1	38	54	192
20K01	Sousel	1931/32	1999/00	7	40	38	57	265
20L01	Estremoz	1910/11	1999/00	7	35	38	51	430
20M01	Sto. Aleixo (Sorraia)	1931/32	1999/00	7	25	38	55	288
20O01	Elvas	1926/27	1995/96	7	9	38	53	208
21D01	Alcochete	1931/32	1999/00	8	57	38	45	16
21F01	Canha	1931/32	1999/00	8	37	38	46	45
21G02	Lavre	1931/32	1999/00	8	21	38	47	142
21J02	Arraiolos	1931/32	1999/00	8	0	38	43	235
21K01	Azaruja	1930/31	1999/00	7	47	38	42	270
21M01	Vila Viçosa	1930/31	2000/01	7	25	38	47	370
21M02	Alandroal	1930/31	1999/00	7	24	38	42	350
21N01	Juromenha	1930/31	1999/00	7	16	38	44	206
22C02	Vila Nog. Azeitão	1931/32	1999/00	9	1	38	31	120
22E01	Aguas de Moura	1931/32	1994/95	8	41	38	35	16
22H01	Montemor-o-Novo	1931/32	1999/00	8	13	38	39	190
22H02	Santiago do Escoural	1931/32	1999/00	8	10	38	33	243
22J01	Evora	1900/01	1995/96	7	54	38	34	309
22L01	Redondo	1930/31	1998/99	7	33	38	39	315
23E01	Comporta	1933/34	1994/95	8	47	38	23	8
23F02	Alcacer do Sal	1933/34	1993/94	8	31	38	22	51
23G01	B. Pego do Altar	1933/34	1994/95	8	24	38	25	60
23I01	Alcaçovas	1931/32	1999/00	8	9	38	23	215
23I02	Viana do Alentejo	1933/34	1993/94	8	3	38	20	202
23L01	Reguengos	1930/31	1999/00	8	32	38	25	210
24F01	Grandola	1931/32	1999/00	8	33	38	11	91
24H01	Torral	1933/34	1999/00	8	13	38	17	100
24I01	Viana do Alentejo	1933/34	1999/00	8	0	38	19	230

Quadro A.1 Identificação, localização e registos disponíveis dos postos udométricos, a Sul do Tejo, com pelo menos 60 anos de dados (continuação)

Código	Nome do posto	Início	Fim	Longitude (W)		Latitude (N)		Altitude (m)
24J03	Cuba	1930/31	1999/00	7	53	38	10	160
24N01	Amareleja (D.G.R.N.)	1930/31	1999/00	7	14	38	13	192
25I01	Ferreira do Alentejo	1931/32	1999/00	8	7	38	4	123
25J02	Beja	1900/01	1996/97	7	52	38	1	246
25O01	Sto. Aleixo	1930/31	1999/00	7	9	38	4	280
25P01	Barrancos	1930/31	1995/96	6	58	38	8	380
26F01	S. Domingos	1933/34	1994/95	8	33	37	56	80
26G01	Alvalade	1931/32	1993/94	8	24	37	57	61
26I03	Aljustrel	1931/32	1999/00	8	10	37	52	223
26J01	Trindade	1930/31	1999/00	7	54	37	53	176
26L01	Serpa	1930/31	1999/00	7	36	37	57	190
27E01	Cercal do Alentejo	1931/32	1994/95	8	40	37	48	176
27G01	Relíquias	1931/32	1998/99	8	29	37	42	230
27H01	Panóias *	1933/34	1994/95	8	18	37	45	175
27I01	Castro Verde	1930/31	1999/00	8	5	37	42	180
27K01	Algodor	1930/31	1999/00	7	48	37	45	163
27L03	Mertola (V. Formoso)	1930/31	1993/94	7	33	37	45	190
28F01	Odemira	1931/32	1994/95	8	39	37	36	70
28H01	Aldeia de Palheiros	1930/31	1999/00	8	15	37	36	210
28I01	Almodovar	1930/31	1999/00	8	4	37	31	270
29G01	Saboia	1930/31	1994/95	8	30	37	29	65
29G02	S. Marcos da Serra	1931/32	1999/00	8	23	37	22	137
30E01	Aljezur	1931/32	1999/00	8	50	37	19	48
30F01	Monchique	1931/32	1998/99	8	33	37	19	465
30H03	S. Bartol. Messines	1931/32	1999/00	8	18	37	15	150
30J01	Barranco do Velho	1934/35	1996/97	7	56	37	14	475
30K02	Picota	1933/34	1995/96	7	42	37	10	174
31I01	Loulé	1931/32	1999/00	8	1	37	8	173
31J01	S. Brás de Alportel	1900/01	1999/00	7	54	37	10	325
31L01	Tavira	1927/28	1994/95	7	39	37	7	25

Quadro A.2 Identificação, localização e altura do anemómetro nas estações meteorológicas onde se calculou o índice de Palmer

Código da estação	Nome da estação	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Altura do anemómetro (m)
20O01	Elvas	38°53'	07°09'	208	4
22J01	Evora	38°34'	07°54'	309	22,9
25J02	Beja	38°01'	07°52'	246	10
26G01	Alvalade	37°57'	08°24'	61	4

Quadro A.3 Resultados dos testes de aleatoriedade aplicados às 76 séries anuais de precipitação, a Sul do Tejo, no período de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continua)

Sal do Rio, no período de outubro de 1961 a setembro de 1966 (continua.)												
Teste de autocorrelação (Kendall τ)				Teste de tendência (Mann-Kendall)				Teste de homogeneidade (Mann-Whitney)				
						Média		Variância				
Código do posto	Nº anos	Estat.	α_p		Estat.	α_p	Estat.	α_p	Estat.	α_p		
16L01	67	2,723	0,006	*	-3,420	0,001	*	2,828	0,005	*	1,012	0,311
16L03	67	0,941	0,347		-0,216	0,829		0,357	0,721		1,040	0,298
17G02	65	0,377	0,706		-0,187	0,852		-0,007	0,995		0,628	0,530
17H01	65	1,698	0,090		0,776	0,438		-0,636	0,525		1,686	0,092
17J01	65	1,095	0,274		-0,696	0,486		1,594	0,111		0,830	0,406
17L02	67	0,244	0,808		-0,433	0,665		0,546	0,585		-0,553	0,580
17M01	66	0,436	0,663		-0,885	0,376		1,199	0,230		1,253	0,210
18G01	68	0,336	0,737		-1,466	0,143		1,797	0,072		0,806	0,420
18M01	66	0,062	0,950		-0,033	0,973		0,199	0,842		-0,159	0,873
19E01	66	-0,708	0,479		0,454	0,650		0,019	0,985		-0,657	0,511
19G02	61	0,657	0,511		-1,462	0,144		1,104	0,270		-0,009	0,993
19J03	66	0,821	0,412		0,017	0,987		1,064	0,287		1,766	0,077
19L01	67	0,421	0,674		-1,678	0,093		1,950	0,051		1,032	0,302
19L02	65	0,319	0,750		0,266	0,790		0,702	0,483		-0,070	0,944
19M01	64	1,281	0,200		0,307	0,759		-0,074	0,941		0,722	0,470
19N01	68	1,721	0,085		-1,784	0,074		1,870	0,061		-0,231	0,817
20E02	65	-0,191	0,848		1,364	0,172		-1,122	0,262		-0,149	0,881
20F01	65	2,115	0,034	*	0,861	0,389		-1,089	0,276		-0,418	0,676
20I01	69	0,768	0,443		0,513	0,608		-0,546	0,585		-0,165	0,869
20K01	67	2,203	0,028	*	-3,604	0	*	3,217	0,001	*	2,109	0,035
20L01	63	1,713	0,087		-0,860	0,390		1,065	0,287		1,127	0,260
20M01	67	1,483	0,138		-2,457	0,014	*	1,887	0,059		1,341	0,180
20O01	65	1,860	0,063		0,402	0,688		-0,925	0,355		1,143	0,253
21D01	60	0,608	0,543		-0,217	0,828		0,909	0,363		0,118	0,906
21F01	62	-0,392	0,695		0,243	0,808		-0,077	0,938		-0,060	0,952
21G02	66	0,125	0,901		-0,913	0,361		0,693	0,489		-0,561	0,575
21J02	68	0,855	0,393		-0,545	0,586		1,171	0,241		-0,097	0,923
21K01	68	1,688	0,091		-1,413	0,158		1,368	0,171		1,092	0,275
21M01	69	0,831	0,406		-0,730	0,465		1,278	0,201		0,932	0,352
21M02	66	0,413	0,679		0,753	0,452		-0,442	0,658		0,704	0,481
21N01	68	2,165	0,030	*	-2,398	0,017	*	2,692	0,007	*	0,485	0,628
22C02	66	-0,062	0,950		1,594	0,111		-1,071	0,284		-0,647	0,518
22E01	62	-0,230	0,818		0,055	0,956		0,436	0,663		0,594	0,553
22H01	67	0,775	0,438		-0,920	0,358		0,959	0,337		-1,058	0,290
22H02	66	1,523	0,128		-3,055	0,002	*	2,674	0,008	*	1,404	0,160
22J01	64	0,593	0,553		-1,165	0,244		0,853	0,394		-0,244	0,807
22L01	67	1,505	0,132		-1,780	0,075		2,126	0,034	*	2,591	0,010
23E01	58	-1,590	0,112		1,100	0,271		-1,081	0,280		-0,993	0,321
23F02	59	1,006	0,314		-1,288	0,198		0,970	0,332		2,120	0,034
23G01	57	0,233	0,816		-0,117	0,907		0,519	0,604		0,239	0,811
23I01	66	1,444	0,149		-2,059	0,040	*	2,148	0,032	*	-0,109	0,913
23I02	53	2,786	0,005	*	-4,211	0	*	3,638	0	*	3,314	0,001
23L01	69	1,689	0,091		-1,632	0,103		1,998	0,046	*	0,946	0,344
24F01	68	-0,173	0,863		-1,239	0,215		1,871	0,061		0,289	0,773
24H01	66	0,164	0,870		-1,029	0,303		1,276	0,202		0,010	0,992
24I01	65	0,771	0,441		-0,985	0,325		1,634	0,102		-0,495	0,621
24J03	68	1,364	0,173		-0,445	0,657		0,288	0,773		1,698	0,090
24N01	69	1,191	0,234		-1,083	0,279		1,134	0,257		-0,017	0,986
25I01	67	2,557	0,011	*	0,617	0,537		-0,608	0,543		0,764	0,445
25J02	66	1,161	0,246		0,830	0,406		-0,058	0,954		0,010	0,992
25O01	66	2,282	0,023	*	2,142	0,032	*	-2,289	0,022	*	-0,423	0,672
25P01	64	1,364	0,173		-0,759	0,448		0,423	0,672		-1,172	0,241
26F01	62	1,637	0,102		0,243	0,808		-0,443	0,657		-0,995	0,320
26G01	63	1,033	0,302		0,973	0,331		-0,777	0,437		-1,328	0,184

TQuadro A.3 Resultados dos testes de aleatoriedade aplicados às 76 séries anuais de precipitação, a Sul do Tejo, no período de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Surto de febre, no período de Outubro de 1954 a Setembro de 1955 (continuação)												
Código do posto	Nº anos	Teste de autocorrelação (Kendall τ)		Teste de tendência (Mann-Kendall)		Teste de homogeneidade (Mann-Whitney)						
		Estat.	α_p	Estat.	α_p	Média		Variância				
						Estat.	α_p	Estat.	α_p			
26I03	67	1,992	0,046	*	-1,580	0,114	1,160	0,246	0,265	0,791		
26J01	68	0,779	0,436		-0,588	0,557	1,110	0,267	-0,694	0,488		
26L01	69	0,884	0,377		-0,808	0,419	1,416	0,157	-0,068	0,946		
27E01	63	1,251	0,211		0,012	0,991	-0,048	0,962	-0,480	0,631		
27G01	67	0,830	0,406		-1,050	0,294	1,787	0,074	0,258	0,797		
27H01	61	1,091	0,275		0,554	0,580	0,166	0,868	0,774	0,439		
27I01	66	0,062	0,950		-0,769	0,442	0,795	0,427	-0,570	0,568		
27K01	69	0,926	0,354		-1,145	0,252	1,482	0,138	0,134	0,894		
27L03	61	1,652	0,099		-2,508	0,012	*	2,474	0,013	*	1,622	0,105
28F01	63	2,685	0,007	*	-3,250	0,001	*	2,839	0,005	*	0,090	0,928
28H01	69	0,482	0,630		-0,088	0,930	0,570	0,569	0,237	0,813		
28I01	68	0,639	0,523		0,842	0,400	-0,460	0,646	0,210	0,834		
29G01	64	1,162	0,245		0,724	0,469	0,007	0,995	0,475	0,634		
29G02	66	0,730	0,465		-0,155	0,877	0,904	0,366	-0,023	0,982		
30E01	69	1,435	0,151		-0,150	0,881	-0,354	0,723	-1,059	0,289		
30F01	62	1,413	0,158		0,401	0,689	0,626	0,531	-0,403	0,687		
30H03	67	0,011	0,991		-0,265	0,791	0,376	0,707	-0,076	0,939		
30J01	61	0,963	0,336		-0,392	0,695	0,700	0,484	-0,650	0,516		
30K02	59	1,503	0,133		0,458	0,647	0,205	0,838	0,231	0,817		
31I01	69	0,259	0,795		1	0,317	-0,798	0,425	-0,745	0,456		
31J01	68	0,649	0,516		0,715	0,475	-0,055	0,956	-0,776	0,438		
31L01	63	2,053	0,040	*	0,848	0,396	-0,825	0,409	-0,356	0,722		

* - Rejeição de H_0 para $\alpha=0,05$

Quadro A.4 Preenchimento de falhas nas séries mensais de precipitação (1931/32–1998/99)

Posto com falhas a preencher	Posto de referência	N ₁	N ₂	r	Posto com falhas a preencher	Posto de referência	N ₁	N ₂	r
16L03	18M01	808	1	0,9277	23E01	22H01	737	79	0,8884
17J01	16L03	791	24	0,9364	23G01	22H01	730	86	0,9337
17L02	18M01	808	1	0,9451	24F01	27G01	812	1	0,9220
17M01	18M01	806	3	0,9428	24H01	22J01	753	52	0,9267
18M01	17L02	808	7	0,9451	24I01	22J01	743	36	0,9549
19G02	16L03	751	64	0,9214	25J02	26J01	792	24	0,9431
19J03	19M01	788	14	0,8972	25P01	24N01	766	50	0,9247
19L01	19N01	815	1	0,9445	26F01	27G01	744	69	0,9217
19L02	19L01	805	10	0,9318	26G01	27G01	756	57	0,9228
19M01	19N01	802	14	0,9392	27E01	27G01	767	46	0,9221
20L01	19N01	809	7	0,9255	27G01	28H01	813	3	0,9372
20O01	19N01	756	60	0,8876	27H01	28H01	742	74	0,9149
21M02	22J01	767	11	0,9081	27I01	28H01	812	4	0,9416
21F01	22H01	761	55	0,8841	28I01	28H01	813	3	0,9281
21G02	22H01	806	10	0,9472	29G01	28H01	768	48	0,9177
22E01	22H01	760	55	0,9215	29G02	30H03	806	5	0,9515
22H01	22J01	777	1	0,9436	30F01	28H01	788	28	0,9394
22J01	22H01	777	38	0,9436	30H03	29G02	806	5	0,9515

N₁ – número de observações simultâneasN₂ – número de valores em falta

r – coeficiente de correlação linear

Quadro A.5 Preenchimento de falhas nas séries diárias de temperaturas máxima e mínima (1965–2000)

Parâmetro climático	Estação com falhas a preencher	Estação de referência	N ₁	N ₂	r
Tmax	Elvas	Beja	12272	872	0,9858
	Beja	Évora	13131	14	0,9888
	Évora	Alvalade	12978	7	0,9483
	Alvalade	Beja	12936	207	0,9528
Tmin	Évora	Beja	13142	1	0,9663
	Elvas	Beja	12274	871	0,9224
	Beja	Évora	13142	6	0,9663
	Alvalade	Elvas	12090	197	0,8734

N₁ – número de observações simultâneasN₂ – número de valores em falta

r – coeficiente de correlação linear

Quadro A.6 Áreas de influência dos postos udométricos

Nr	Cod. posto	Nome do posto	Area (km ²)	Area (%)	Nr	Cod. posto	Nome do posto	Area (km ²)	Area (%)
1	16L03	Nisa	510,7	1,89	26	23G01	Pego do Altar	781,6	2,89
2	17J01	Gavião	228,5	0,85	27	24F01	Grândola	919,7	3,40
3	17L02	Vale do Peso	542,6	2,01	28	24H01	Torralva	759,9	2,81
4	17M01	Castelo de Vide	366,3	1,35	29	24I01	Viana Alentejo	688,9	2,55
5	18G01	Chouto	249,1	0,92	30	24J03	Cuba	951,5	3,52
6	18M01	Portalegre	398,2	1,47	31	24N01	Amareleja	1443,2	5,34
7	19G02	Lamarosa	94,5	0,35	32	25J02	Beja	542,9	2,01
8	19J03	Avis	901,5	3,33	33	25P01	Barrancos	269,9	1,00
9	19L01	Cabeco de Vide	357,5	1,32	34	26F01	S.Domingos	566,1	2,09
10	19L02	Fronteira	390,6	1,44	35	26G01	Alvalade	739,9	2,74
11	19M01	Monforte	382,3	1,41	36	26J01	Trindade	537,1	1,99
12	19N01	Arronches	526,5	1,95	37	26L01	Serpa	1408,0	5,21
13	20I01	Pavia	728,4	2,69	38	27E01	Cercal Alentejo	664,7	2,46
14	20L01	Estremoz	521,5	1,93	39	27G01	Relíquias	486,4	1,80
15	20O01	Elvas	648,1	2,40	40	27H01	Panoias	449,9	1,66
16	21F01	Canha	81,1	0,30	41	27I01	Castro Verde	518,0	1,92
17	21G02	Lavre	425,7	1,57	42	27K01	Algodor	1207,9	4,47
18	21J02	Arraiolos	403,1	1,49	43	28H01	Ald. Palheiros	406,0	1,50
19	21K01	Azaruja	640,2	2,37	44	28I01	Almodovar	829,3	3,07
20	21M01	Vila Viçosa	350,5	1,30	45	29G01	Saboia	637,2	2,36
21	21M02	Alandroal	904,4	3,35	46	29G02	S. Marcos Serra	142,7	0,53
22	22E01	Aguas de Moura	327,1	1,21	47	30E01	Aljezur	87,4	0,32
23	22H01	Mont. -o-Novo	654,4	2,42	48	30F01	Monchique	31,9	0,12
24	22J01	Evora	904,9	3,35	49	30H03	S. Bar.Messines	21,4	0,08
25	23E01	Comporta	403,4	1,49			Total	27032,4	100

Quadro A.7 Resultados do teste de discordância entre os 49 locais no Alentejo

Posto	L-Cv	L-Gs	L-Curt	D(I)	
16L03	0,1745	0,0770	0,0316	0,65	
17J01	0,1647	0,1066	0,1192	1,18	
17L02	0,1596	0,0514	0,0266	1,15	
17M01	0,1873	0,1236	0,0524	1,28	
18G01	0,1689	0,0906	0,0383	0,83	
18M01	0,1678	0,1694	0,1334	2,88	
19G02	0,1643	0,0311	0,1123	1,25	
19J03	0,1988	0,0678	0,0342	2,64	
19L01	0,1739	0,0892	0,0548	0,35	
19L02	0,1760	0,0657	0,0785	0,03	
19M01	0,1714	0,0645	0,0390	0,43	
19N01	0,1728	0,0491	0,0767	0,17	
20I01	0,1761	0,0747	0,0751	0,03	
20L01	0,1807	0,0882	0,0146	1,44	
20O01	0,2019	0,2545	0,1361	6,32	**
21F01	0,1724	0,0496	0,0960	0,28	
21G02	0,1682	0,0855	0,1099	0,50	
21J02	0,1804	0,0946	0,1628	1,04	
21K01	0,1682	0,1252	0,1502	1,71	
21M01	0,2022	0,1802	0,1706	2,74	
21M02	0,1756	0,0329	0,0243	0,87	
22E01	0,1742	0,0116	0,0791	0,95	
22H01	0,1717	0,0702	0,0726	0,10	
22J01	0,1798	0,0693	0,0181	1,08	
23E01	0,1808	0,0807	0,1124	0,13	
23G01	0,1686	0,0831	0,1198	0,61	
24F01	0,1646	0,0693	0,0477	0,62	
24H01	0,1627	0,0671	0,0819	0,64	
24I01	0,1612	0,0588	0,0507	0,78	
24J03	0,1842	-0,0119	0,0279	2,60	
24N01	0,1688	0,0596	0,0202	0,84	
25J02	0,1664	0,0707	0,1056	0,55	
25P01	0,1658	0,0766	0,0621	0,48	
26F01	0,1774	0,0719	0,1366	0,59	
26G01	0,1661	0,0275	0,0804	0,69	
26J01	0,1862	0,0717	0,1056	0,32	
26L01	0,1905	0,0927	0,1205	0,52	
27E01	0,1667	0,0482	0,0470	0,45	
27G01	0,1795	0,0511	0,0683	0,24	
27H01	0,1871	0,1091	0,1069	0,31	
27I01	0,1815	0,0426	0,1551	1,73	
27K01	0,1843	0,0856	0,0755	0,22	
28H01	0,1818	0,0489	0,0754	0,34	
28I01	0,1920	0,0965	0,1476	0,94	
29G01	0,2030	0,0761	0,1448	2,39	
29G02	0,1932	0,1052	0,1107	0,67	
30E01	0,1880	0,0756	0,1731	1,69	
30F01	0,1760	0,0471	0,1039	0,37	
30H03	0,1889	0,0863	0,1099	0,39	
Médias	0,1775	0,0778	0,0877		

** – local discordante

Quadro A.8 Precipitação média mensal e anual (mm) nas 49 estações (Out-1931/Set-1999)

Estação	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
16L03	70,7	95,9	104,7	101,4	83,6	79,0	57,9	50,2	24,9	5,4	6,2	33,6	713,3
17J01	78,1	112,5	126,9	123,7	99,7	92,1	69,1	59,5	32,4	5,7	5,9	36,0	841,6
17L02	77,2	95,9	110,4	109,1	90,9	85,9	63,3	52,2	30,5	6,7	6,0	38,9	767,1
17M01	86,6	110,9	125,2	125,3	104,2	95,3	73,6	68,8	31,0	7,4	7,6	44,8	880,6
18G01	77,7	96,6	107,1	115,3	89,3	85,3	67,2	60,4	25,8	6,7	8,2	39,0	778,7
18M01	83,2	108,3	126,3	126,1	98,9	98,7	74,3	60,5	30,2	7,1	7,7	39,5	860,7
19G02	69,7	90,4	104,8	105,8	82,0	77,8	60,8	53,1	22,3	5,9	4,2	33,2	710,0
19J03	62,1	86,1	84,4	88,0	81,9	67,2	50,6	47,8	20,0	4,8	3,5	29,6	626,0
19L01	65,4	84,0	95,5	93,6	76,8	77,0	56,2	48,7	26,1	4,3	5,8	33,3	666,7
19L02	60,7	72,6	77,3	77,9	63,8	63,5	46,8	43,3	20,9	3,4	4,7	25,7	560,5
19M01	57,3	69,9	77,0	74,4	63,2	61,5	49,8	40,0	21,5	4,0	3,5	27,7	549,8
19N01	63,8	83,8	91,8	86,4	74,3	71,0	56,4	43,1	20,9	3,5	4,3	27,8	627,2
20I01	58,3	79,2	86,2	82,3	70,0	67,2	53,4	44,7	20,6	5,3	3,8	27,4	598,4
20L01	63,7	82,4	93,7	89,3	73,0	73,6	56,9	46,5	26,3	8,2	5,3	28,0	647,0
20O01	58,4	81,5	81,1	79,5	67,4	70,9	51,9	41,6	22,9	3,1	4,4	28,0	590,6
21F01	72,3	93,3	114,0	103,8	77,1	73,5	57,9	49,0	20,4	4,3	6,7	32,5	704,8
21G02	68,3	85,6	95,7	93,2	74,6	74,3	56,3	44,1	20,7	5,2	5,9	30,0	654,1
21J02	71,2	88,6	100,4	94,7	82,2	78,5	57,5	51,2	24,0	4,5	5,3	25,7	683,8
21K01	60,4	75,7	84,3	82,6	67,5	70,2	53,3	41,6	22,0	5,0	4,6	26,3	593,5
21M01	74,7	98,3	123,6	110,8	96,5	89,4	58,4	51,2	21,4	3,6	4,3	30,4	762,6
21M02	62,1	81,3	90,1	86,3	73,2	73,2	56,1	43,9	22,6	3,5	3,8	29,4	625,4
22E01	65,9	88,4	107,7	107,0	79,6	77,0	56,2	47,1	16,8	2,6	3,7	25,1	676,9
22H01	70,0	85,6	105,1	101,6	83,3	78,4	60,8	47,1	21,3	4,7	4,3	26,9	688,9
22J01	65,5	84,1	91,3	92,4	75,1	74,4	56,2	49,0	22,1	6,4	4,4	28,0	648,7
23E01	55,4	77,6	85,5	78,9	64,3	60,9	45,2	35,9	11,3	3,5	2,4	20,9	541,7
23G01	62,0	76,9	88,3	85,4	68,7	68,8	49,8	41,8	16,1	3,7	3,8	25,6	590,8
24F01	63,0	90,8	116,2	103,9	89,2	82,1	56,5	41,6	13,7	2,5	2,7	23,8	685,9
24H01	59,6	75,9	88,2	84,4	69,5	71,0	54,4	38,8	17,0	4,8	3,1	25,0	591,6
24I01	71,4	90,2	102,8	103,5	85,6	79,8	61,5	49,5	19,6	5,7	5,6	29,5	704,6
24J03	58,6	76,8	81,0	77,1	68,3	67,6	53,0	39,5	18,3	3,2	3,1	23,6	570,1
24N01	58,7	69,7	73,8	69,4	55,3	61,7	51,9	39,5	23,9	3,3	2,7	25,4	535,3
25J02	57,5	75,2	86,9	78,4	64,5	67,9	53,3	39,5	19,6	1,9	2,6	22,8	570,2
25P01	57,2	75,2	77,6	74,8	57,9	61,8	53,8	39,7	26,0	5,6	2,7	28,2	560,5
26F01	68,0	92,6	112,6	107,8	86,8	83,1	55,5	41,7	15,4	2,2	1,5	24,7	691,9
26G01	56,3	75,2	81,4	78,8	63,4	60,5	46,6	35,7	12,3	2,6	1,7	23,7	538,2
26J01	51,7	69,5	79,0	69,1	53,3	60,9	45,9	34,3	14,8	2,1	2,0	17,8	500,4
26L01	57,3	71,3	79,1	71,8	54,7	63,5	53,3	36,7	17,9	2,8	2,0	22,8	533,2
27E01	75,0	109,1	122,8	121,3	95,4	94,2	67,3	48,1	15,0	3,0	3,2	27,4	781,8
27G01	67,4	93,3	109,3	103,3	84,9	83,7	59,8	46,0	13,9	2,6	2,3	26,8	693,3
27H01	57,5	71,4	84,6	72,0	61,5	61,7	49,7	40,6	15,0	3,4	1,5	22,8	541,7
27I01	53,7	72,6	85,0	74,3	63,0	65,4	51,1	33,4	13,6	2,3	2,2	23,1	539,8
27K01	56,2	65,7	79,8	66,7	52,4	59,9	51,4	33,2	17,5	2,6	1,6	22,2	509,2
28H01	59,3	86,7	97,8	87,1	73,4	74,9	59,3	36,8	13,8	2,0	2,7	25,5	619,3
28I01	59,0	79,1	94,0	81,2	66,9	69,5	50,3	37,6	11,8	2,2	3,3	21,0	576,0
29G01	66,6	97,4	105,4	92,8	76,8	79,9	56,1	38,1	13,9	1,5	2,0	23,4	653,9
29G02	77,6	109,3	114,3	104,2	83,8	89,7	62,9	41,7	14,0	2,0	3,1	25,4	727,8
30E01	64,0	86,3	87,0	79,8	65,1	65,6	53,4	36,0	9,6	1,7	2,1	21,0	571,5
30F01	121,9	171,5	205,2	196,3	169,8	151,4	109,0	70,6	24,4	2,4	5,1	42,9	1270,5
30H03	73,3	100,8	116,4	104,5	82,1	84,5	57,9	36,7	12,2	1,9	3,0	22,4	695,8

Quadro A.9 Precipitação mediana mensal e anual (mm) nas 49 estações (Out-1931/Set-1999)

Estação	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
16L03	57,7	76,6	74,7	74,8	61,5	58,3	51,4	42,1	14,3	0,5	0,6	29,7	714,3
17J01	68,4	88,9	94,9	97,7	74,0	68,4	65,5	51,6	23,4	0,9	2,0	27,4	817,8
17L02	58,2	80,1	84,4	80,2	68,5	69,2	57,4	43,8	21,0	0,1	1,6	25,4	724,5
17M01	66,8	89,2	94,8	90,4	59,4	67,2	67,2	54,5	21,3	1,5	2,2	34,3	840,7
18G01	66,7	84,3	76,2	100,6	70,5	72,3	62,2	50,0	21,0	0,6	5,0	30,1	752,9
18M01	65,3	86,0	78,7	98,2	77,9	79,2	66,2	49,3	19,4	1,8	2,2	32,1	769,9
19G02	54,1	77,0	74,9	81,6	62,9	66,5	58,5	45,3	13,0	0,0	0,6	20,9	698,2
19J03	48,7	68,9	68,2	72,2	60,5	47,5	48,6	33,2	12,7	0,0	0,0	22,5	569,1
19L01	55,1	59,2	77,1	68,0	57,3	65,7	53,0	39,1	16,3	0,0	0,2	19,8	633,4
19L02	49,4	54,7	61,6	61,3	44,4	57,3	43,2	35,3	9,9	0,0	0,0	19,2	526,8
19M01	44,2	49,7	59,4	55,1	52,5	53,4	47,0	30,6	12,0	0,0	0,0	18,9	532,2
19N01	52,7	71,2	73,2	65,0	53,2	63,1	48,4	34,1	11,6	0,0	0,0	20,6	618,3
20I01	50,3	57,4	75,9	69,1	48,7	60,8	47,2	36,8	12,1	0,3	0,1	18,4	578,6
20L01	50,0	58,6	78,7	67,8	56,2	55,6	46,9	38,7	12,9	0,0	0,2	18,1	610,3
20O01	50,5	68,2	59,7	60,2	49,4	56,7	44,2	35,0	12,0	0,0	0,2	19,0	520,3
21F01	56,8	79,2	81,5	73,1	57,9	67,9	51,1	39,9	12,1	0,0	0,0	19,8	677,5
21G02	51,3	67,6	73,0	74,2	43,9	69,9	50,1	34,6	14,8	0,3	0,5	20,2	615,7
21J02	55,1	69,8	80,8	73,5	66,0	63,0	44,2	35,0	13,4	0,0	0,0	17,0	639,0
21K01	45,8	60,6	74,0	65,7	47,7	63,9	44,9	35,3	13,6	0,0	0,0	15,6	565,7
21M01	59,8	90,1	86,2	84,9	75,3	67,6	48,9	38,7	10,8	0,0	0,0	15,5	702,3
21M02	50,2	63,6	68,3	68,9	57,0	62,6	49,5	32,1	11,0	0,0	0,0	16,3	592,2
22E01	41,7	82,1	77,3	73,6	66,4	66,5	57,3	40,3	8,5	0,0	0,0	15,2	679,5
22H01	54,2	65,3	83,4	79,0	56,1	68,6	57,4	38,3	17,1	0,1	0,3	18,8	671,6
22J01	45,2	66,4	77,3	70,2	54,0	67,7	54,3	38,5	13,2	0,2	0,3	23,6	610,6
23E01	37,8	60,5	61,5	70,7	47,4	56,4	40,4	25,6	6,6	0,0	0,0	8,8	497,6
23G01	53,5	61,0	68,2	68,5	50,3	61,6	41,8	29,7	12,1	0,0	0,0	16,2	561,8
24F01	51,6	68,9	96,0	84,7	64,2	68,3	46,6	27,3	7,5	0,0	0,0	14,3	663,8
24H01	49,7	58,3	74,8	71,4	50,6	62,3	48,9	25,5	11,2	0,0	0,0	15,7	560,8
24I01	56,7	79,2	79,4	81,0	64,3	71,1	56,1	39,9	14,4	0,0	0,5	21,6	669,9
24J03	44,4	56,6	66,0	58,8	53,8	54,9	48,1	26,4	8,1	0,0	0,0	17,3	553,0
24N01	51,1	58,1	62,1	57,2	40,4	50,6	46,4	30,7	15,6	0,0	0,0	14,9	489,9
25J02	40,0	58,3	72,2	58,0	51,2	57,6	44,5	29,7	9,9	0,2	0,4	13,7	532,7
25P01	48,2	64,4	66,9	57,4	44,4	58,0	46,2	34,7	17,3	0,0	0,0	18,6	515,4
26F01	48,6	74,0	99,6	81,1	58,8	70,0	47,9	27,9	8,7	0,0	0,0	12,2	687,6
26G01	44,9	61,6	71,4	62,1	43,7	49,5	39,9	23,6	6,9	0,0	0,0	16,6	515,1
26J01	37,0	62,4	67,0	53,7	44,5	52,2	38,6	21,5	4,3	0,0	0,0	8,4	471,8
26L01	40,5	60,2	55,6	58,7	37,0	50,0	46,1	29,1	9,2	0,0	0,0	12,3	499,3
27E01	54,3	87,9	103,8	104,6	66,7	78,1	60,6	40,8	10,1	0,0	0,0	12,1	767,4
27G01	53,7	79,0	98,0	75,5	57,3	65,9	53,6	36,9	7,5	0,0	0,0	12,4	672,7
27H01	41,1	55,6	72,9	62,0	45,5	50,1	46,9	30,5	9,7	0,0	0,0	12,3	508,7
27I01	34,9	55,0	69,7	54,4	47,9	59,2	43,9	27,8	7,8	0,0	0,0	12,5	529,5
27K01	42,0	52,8	58,4	53,6	43,9	49,9	43,6	23,0	8,6	0,0	0,0	9,8	469,3
28H01	46,7	75,9	82,3	65,9	50,3	64,7	55,1	29,2	7,1	0,0	0,0	16,1	594,7
28I01	42,0	58,7	74,7	68,3	50,4	59,6	46,7	25,8	6,7	0,0	0,0	10,7	558,4
29G01	54,9	69,0	80,8	77,7	53,4	75,1	49,6	30,6	4,4	0,0	0,0	12,6	621,4
29G02	58,5	88,6	82,5	84,8	69,0	74,8	59,8	32,6	5,2	0,0	0,0	15,7	710,5
30E01	41,1	74,8	63,5	64,2	47,8	54,0	45,0	25,0	3,9	0,0	0,0	14,5	570,5
30F01	83,6	139,9	191,8	152,1	141,4	136,8	104,0	58,4	12,1	0,2	0,4	24,8	1228,4
30H03	49,5	79,3	89,0	89,0	68,3	80,3	52,3	30,1	3,9	0,0	0,0	12,3	675,6

Quadro A.10 Coeficiente de variação da precipitação mensal e anual (mm) nas 49 estações
(Out-1931/Set-1999)

Estação	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
16L03	0,87	0,83	0,82	0,85	0,84	0,81	0,66	0,83	1,11	2,03	1,68	0,98	0,30
17J01	0,75	0,79	0,80	0,78	0,85	0,76	0,69	0,80	1,22	1,84	1,69	0,93	0,29
17L02	0,83	0,79	0,85	0,79	0,86	0,77	0,73	0,79	1,13	2,51	1,52	0,99	0,28
17M01	0,82	0,80	0,82	0,82	0,94	0,80	0,71	0,82	0,98	2,53	1,36	0,92	0,33
18G01	0,74	0,71	0,86	0,77	0,87	0,73	0,61	0,81	1,01	1,64	1,23	0,88	0,29
18M01	0,80	0,77	0,88	0,80	0,82	0,76	0,68	0,77	1,12	1,70	1,42	0,88	0,31
19G02	0,83	0,81	0,84	0,80	0,88	0,77	0,64	0,81	1,28	2,14	1,62	1,09	0,29
19J03	0,86	0,83	0,76	0,81	0,87	0,84	0,79	0,94	1,24	2,32	2,13	1,05	0,35
19L01	0,75	0,86	0,82	0,78	0,86	0,75	0,66	0,78	1,03	2,32	1,98	1,03	0,30
19L02	0,86	0,85	0,82	0,80	0,84	0,74	0,70	0,81	1,24	2,19	2,06	1,03	0,31
19M01	0,81	0,86	0,79	0,81	0,83	0,75	0,73	0,91	1,15	2,29	1,61	0,96	0,30
19N01	0,79	0,79	0,81	0,85	0,88	0,77	0,71	0,83	1,24	2,41	1,72	1,14	0,30
20I01	0,88	0,87	0,78	0,77	0,89	0,71	0,74	0,76	1,20	2,08	1,86	0,96	0,31
20L01	0,83	0,82	0,75	0,86	0,83	0,74	0,68	0,85	1,25	2,06	2,19	1,05	0,31
20O01	0,83	0,83	0,92	0,97	0,85	0,89	0,74	0,76	1,13	2,18	2,12	1,05	0,39
21F01	0,84	0,82	0,86	0,80	0,85	0,74	0,67	0,89	1,31	2,64	2,66	1,10	0,30
21G02	0,84	0,81	0,78	0,74	0,94	0,69	0,73	0,79	1,07	2,17	2,23	1,08	0,29
21J02	0,86	0,79	0,78	0,83	0,85	0,75	0,75	0,90	1,27	2,57	2,36	1,07	0,32
21K01	0,86	0,78	0,76	0,84	0,85	0,71	0,67	0,88	1,15	2,11	2,14	1,12	0,30
21M01	1,02	0,75	0,86	0,82	0,92	0,85	0,67	0,88	1,19	2,20	2,17	1,20	0,38
21M02	0,94	0,81	0,85	0,82	0,85	0,74	0,71	0,90	1,17	2,25	1,92	1,37	0,30
22E01	0,92	0,84	0,83	0,80	0,81	0,86	0,69	0,94	1,32	2,86	2,54	1,10	0,30
22H01	0,85	0,81	0,76	0,83	0,90	0,74	0,66	0,83	1,10	2,38	2,34	0,97	0,30
22J01	0,87	0,77	0,80	0,83	0,85	0,75	0,63	0,87	1,16	2,34	2,09	1,00	0,31
23E01	1,00	0,88	0,86	0,78	0,85	0,72	0,68	0,99	1,42	2,99	2,75	1,18	0,32
23G01	0,82	0,80	0,77	0,78	0,84	0,70	0,71	0,92	1,22	2,58	2,23	1,08	0,30
24F01	0,85	0,80	0,78	0,75	0,83	0,71	0,65	0,91	1,14	2,50	1,84	1,13	0,29
24H01	0,81	0,80	0,75	0,77	0,85	0,73	0,68	0,89	1,16	2,75	2,19	1,04	0,29
24I01	0,84	0,77	0,78	0,81	0,83	0,71	0,65	0,79	1,10	2,35	1,58	0,98	0,28
24J03	0,91	0,77	0,76	0,84	0,81	0,78	0,65	0,99	1,25	3,22	2,91	1,20	0,32
24N01	0,87	0,77	0,81	0,78	0,85	0,72	0,61	0,81	1,03	2,36	2,34	1,12	0,29
25J02	0,86	0,85	0,78	0,83	0,78	0,67	0,67	0,84	1,20	1,98	2,35	1,12	0,29
25P01	0,87	0,82	0,87	0,85	0,79	0,67	0,69	0,81	1,16	2,13	2,14	1,02	0,29
26F01	0,96	0,87	0,75	0,75	0,85	0,69	0,69	0,88	1,41	2,54	2,24	1,28	0,31
26G01	0,89	0,85	0,78	0,74	0,84	0,68	0,65	0,94	1,28	2,87	1,85	1,19	0,29
26J01	0,92	0,83	0,81	0,81	0,80	0,78	0,67	0,90	1,42	2,83	2,39	1,31	0,33
26L01	0,89	0,87	0,94	0,84	0,85	0,72	0,68	0,96	1,24	2,56	2,30	1,19	0,34
27E01	0,93	0,78	0,74	0,74	0,77	0,71	0,68	0,84	1,19	2,50	2,41	1,25	0,29
27G01	0,89	0,72	0,73	0,73	0,87	0,77	0,64	0,85	1,25	2,47	2,29	1,63	0,31
27H01	0,90	0,86	0,79	0,72	0,80	0,74	0,63	1,01	1,16	2,79	2,11	1,14	0,33
27I01	0,95	0,84	0,76	0,80	0,81	0,67	0,74	0,93	1,18	2,37	2,27	1,30	0,32
27K01	0,93	0,79	0,85	0,79	0,82	0,67	0,68	1,02	1,35	2,30	2,46	1,30	0,32
28H01	0,90	0,78	0,81	0,76	0,87	0,69	0,64	0,85	1,40	2,40	2,58	1,25	0,32
28I01	0,95	0,81	0,82	0,76	0,88	0,74	0,71	1,03	1,27	2,76	4,23	1,40	0,34
29G01	0,98	0,83	0,83	0,74	0,81	0,75	0,69	0,99	1,39	2,75	2,67	1,13	0,36
29G02	0,96	0,80	0,86	0,75	0,82	0,78	0,68	0,91	1,30	2,39	2,98	1,22	0,34
30E01	0,94	0,77	0,81	0,75	0,76	0,71	0,76	0,90	1,47	2,54	2,64	1,13	0,34
30F01	0,98	0,72	0,76	0,79	0,82	0,69	0,65	0,82	1,25	2,19	2,18	1,08	0,31
30H03	0,98	0,77	0,92	0,76	0,78	0,70	0,72	0,92	1,52	2,71	2,53	1,26	0,33

Quadro A.11 Coeficiente de assimetria da precipitação mensal e anual (mm) nas 49 estações
(Out-1931/Set-1999)

Estação	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
16L03	1,38	1,45	1,18	1,24	0,91	0,85	0,49	1,37	1,84	2,92	2,13	1,19	0,30
17J01	1,11	1,47	1,14	1,19	0,96	0,77	0,98	1,18	2,72	3,13	3,10	1,02	0,57
17L02	1,50	1,66	1,29	1,03	1,06	0,80	1,43	1,35	1,86	4,12	1,81	0,98	0,20
17M01	1,14	1,43	1,27	1,04	1,39	1,03	1,18	1,90	1,74	4,44	1,51	0,93	0,60
18G01	0,94	0,89	1,76	0,96	1,24	0,51	1,03	1,58	1,81	2,11	1,35	0,83	0,34
18M01	0,97	1,53	1,79	1,14	0,85	0,82	1,42	1,08	2,17	2,82	1,86	0,80	1,02
19G02	1,03	1,78	1,23	1,26	1,22	0,95	0,87	0,89	2,58	3,04	1,91	1,36	0,24
19J03	1,21	1,44	0,90	1,44	1,25	0,96	1,19	1,15	2,04	3,64	2,72	1,78	0,22
19L01	0,77	1,67	1,17	1,08	1,41	0,77	0,91	1,20	1,47	4,42	3,75	1,25	0,37
19L02	1,08	1,62	1,11	1,16	0,93	0,65	1,19	1,36	1,82	2,87	2,82	1,07	0,26
19M01	0,97	1,64	0,84	1,15	1,19	0,73	1,00	1,47	1,67	2,77	1,70	0,99	0,23
19N01	0,80	1,60	0,97	1,40	1,46	0,75	1,00	0,77	1,62	3,29	2,04	1,72	0,19
20I01	1,58	1,71	1,12	1,18	1,54	0,65	1,18	0,75	2,15	2,73	2,59	1,00	0,26
20L01	0,81	1,33	0,93	1,51	1,49	0,78	0,91	1,64	1,87	2,54	3,70	1,14	0,33
20O01	0,87	1,77	1,46	2,66	1,00	1,55	1,04	0,84	1,45	3,20	3,75	1,39	1,64
21F01	0,97	1,48	1,25	1,29	0,98	0,85	0,81	1,24	2,19	4,11	5,02	1,28	0,26
21G02	1,08	1,46	0,90	1,12	1,57	0,41	1,02	0,88	1,59	2,86	4,02	1,92	0,34
21J02	1,19	1,22	1,04	1,34	1,10	0,54	0,69	1,38	2,13	3,18	3,77	1,24	0,44
21K01	0,98	1,26	1,15	1,54	1,16	0,86	0,90	1,84	1,82	2,97	3,32	1,69	0,57
21M01	2,43	1,04	1,07	1,17	1,43	1,48	0,43	1,60	1,63	3,05	3,42	1,83	1,37
21M02	1,58	1,07	1,21	1,30	1,03	0,92	0,75	1,67	1,64	3,16	2,96	2,59	0,11
22E01	1,09	1,32	1,12	1,54	1,36	1,65	0,49	1,22	1,94	4,13	3,97	1,10	0,13
22H01	1,03	1,38	1,15	1,30	1,29	0,49	0,66	1,03	2,37	3,47	4,14	0,97	0,29
22J01	0,95	1,20	1,14	1,17	1,11	0,80	0,76	1,48	1,75	2,79	3,65	1,38	0,23
23E01	1,77	1,73	1,22	1,81	1,09	0,53	0,47	1,28	3,25	3,95	5,26	1,29	0,34
23G01	0,65	1,32	1,03	1,51	0,90	0,46	0,84	1,02	2,63	2,96	3,82	1,03	0,34
24F01	0,75	1,34	1,12	1,16	1,08	0,73	0,51	0,96	1,30	3,78	2,47	1,61	0,34
24H01	0,73	1,57	1,03	1,33	1,22	0,98	0,64	0,91	1,63	3,92	2,65	1,27	0,52
24I01	1,01	1,91	1,02	1,15	0,86	0,53	0,45	0,69	1,86	3,21	2,01	0,89	0,19
24J03	1,24	1,09	0,80	1,35	1,11	1,18	0,43	1,47	1,77	4,54	5,25	2,46	-0,04
24N01	1,07	1,37	1,67	1,08	1,05	1,11	0,73	1,07	1,15	3,38	3,82	1,59	0,19
25J02	1,20	2,65	1,24	1,30	0,77	0,77	0,73	0,80	1,57	2,53	4,16	1,64	0,25
25P01	0,98	1,99	1,75	1,47	0,68	0,73	0,58	0,88	1,74	2,12	2,41	1,12	0,28
26F01	1,15	1,83	1,07	1,29	0,77	0,56	0,86	0,90	2,04	2,82	2,94	1,94	0,45
26G01	0,85	1,70	1,34	1,30	0,81	0,44	0,40	1,18	1,83	3,38	2,35	1,90	0,18
26J01	1,23	1,84	1,28	1,28	1,32	1,51	0,41	0,98	1,75	4,59	2,98	1,95	0,31
26L01	1,18	2,40	1,92	1,39	0,96	0,68	1,29	1,04	1,83	3,35	2,60	1,53	0,43
27E01	1,10	1,52	1,05	1,36	0,93	0,82	0,72	1,13	1,93	3,63	3,54	1,86	0,24
27G01	1,07	1,14	1,50	1,02	1,36	1,21	0,85	0,99	2,08	3,53	3,03	4,50	0,20
27H01	1,04	1,90	1,19	1,50	0,85	1,26	0,37	2,04	1,66	4,74	2,41	1,45	0,46
27I01	1,07	1,65	1,03	1,29	1,04	0,58	0,73	1,27	2,27	4,34	2,90	2,78	0,19
27K01	1,04	1,45	1,32	1,22	1,17	0,59	0,71	1,42	2,21	2,66	2,66	2,23	0,30
28H01	0,99	1,63	1,14	1,09	1,14	0,93	0,62	1,10	2,73	3,48	3,78	2,10	0,19
28I01	0,95	1,26	1,33	1,19	1,52	1,46	0,86	1,82	2,15	3,99	6,18	2,70	0,49
29G01	1,43	1,75	1,36	1,03	0,88	0,76	0,53	1,28	1,88	3,01	3,24	1,18	0,36
29G02	1,23	1,07	1,26	0,86	1,23	1,67	0,57	1,66	1,78	3,30	4,92	1,96	0,49
30E01	1,25	1,80	1,17	1,21	1,09	0,71	1,11	1,09	2,87	3,51	4,21	1,52	0,52
30F01	1,52	1,18	1,36	1,22	1,26	0,64	0,72	1,05	1,74	4,22	3,04	1,51	0,18
30H03	1,07	0,99	1,42	0,95	0,85	0,73	0,88	1,37	2,36	2,94	3,12	1,97	0,37

Quadro A.12 Precipitação média trimestral (mm) nas 49 estações (Out-1931/Set-1999)

Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set
16L03	271,3	263,9	133,0	45,1	23G01	227,2	222,9	107,7	33,0
17J01	317,4	315,5	161,0	47,7	24F01	270,0	275,1	111,8	29,0
17L02	283,5	285,9	146,1	51,6	24H01	223,7	224,9	110,2	32,8
17M01	322,7	324,8	173,4	59,8	24I01	264,3	268,9	130,6	40,8
18G01	281,5	289,9	153,5	53,9	24J03	216,5	212,9	110,8	30,0
18M01	317,7	323,7	165,0	54,3	24N01	202,2	186,5	115,3	31,4
19G02	264,9	265,6	136,2	43,3	25J02	219,7	210,8	112,4	27,3
19J03	232,7	237,1	118,3	37,9	25P01	210,0	194,5	119,6	36,4
19L01	245,0	247,4	131,0	43,4	26F01	273,3	277,7	112,6	28,4
19L02	210,6	205,2	111,0	33,7	26G01	212,9	202,7	94,6	28,0
19M01	204,2	199,1	111,3	35,1	26J01	200,2	183,4	95,1	21,8
19N01	239,4	231,7	120,4	35,6	26L01	207,8	189,9	107,9	27,6
20I01	223,7	219,6	118,7	36,5	27E01	306,9	310,9	130,4	33,7
20L01	239,9	235,9	129,7	41,6	27G01	270,0	271,9	119,7	31,7
20O01	221,0	217,7	116,4	35,5	27H01	213,5	195,2	105,3	27,7
21F01	279,7	254,4	127,3	43,4	27I01	211,3	202,8	98,1	27,6
21G02	249,7	242,1	121,1	41,2	27K01	201,7	179,0	102,1	26,3
21J02	260,3	255,4	132,7	35,5	28H01	243,8	235,5	109,9	30,2
21K01	220,4	220,3	116,8	36,0	28I01	232,1	217,6	99,8	26,5
21M01	296,6	296,7	131,0	38,3	29G01	269,3	249,6	108,1	26,9
21M02	233,5	232,6	122,5	36,7	29G02	301,2	277,6	118,6	30,4
22E01	261,9	263,6	120,1	31,4	30E01	237,3	210,5	99,0	24,8
22H01	260,6	263,3	129,1	35,8	30F01	498,5	517,6	204,0	50,4
22J01	240,8	242,0	127,2	38,8	30H03	290,5	271,1	106,9	27,3
23E01	218,4	204,1	92,4	26,9					

Quadro A.13 Precipitação mediana trimestral (mm) nas 49 estações (Out-1931/Set-1999)

Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set
16L03	246,3	225,7	121,9	37,5	23G01	205,8	213,8	105,6	29,5
17J01	277,2	292,6	157,9	41,4	24F01	244,9	241,5	108,4	19,4
17L02	264,6	272,1	130,5	40,9	24H01	217,0	218,6	107,4	24,8
17M01	289,8	284,2	148,5	50,2	24I01	250,1	253,5	128,9	31,1
18G01	248,8	269,2	142,8	47,6	24J03	192,7	172,5	106,1	19,5
18M01	298,3	297,6	159,3	52,2	24N01	194,5	162,2	109,5	22,3
19G02	243,6	254,2	132,0	35,1	25J02	217,4	181,8	109,9	17,9
19J03	220,2	208,2	108,2	33,5	25P01	193,7	173,5	115,6	30,5
19L01	230,5	222,0	124,9	36,6	26F01	242,6	251,3	116,7	18,6
19L02	203,3	208,3	105,3	29,3	26G01	212,9	178,6	86,4	20,5
19M01	188,9	180,9	110,2	32,6	26J01	182,7	165,1	89,8	12,5
19N01	231,8	218,3	113,0	31,2	26L01	173,4	180,0	106,7	18,7
20I01	193,8	211,1	113,0	32,5	27E01	272,1	265,0	131,0	24,9
20L01	227,6	197,8	111,8	35,4	27G01	262,8	239,7	104,2	20,0
20O01	203,8	181,7	114,2	26,5	27H01	198,2	176,5	93,0	17,0
21F01	242,2	232,0	131,5	30,9	27I01	201,3	185,5	92,6	19,9
21G02	248,4	223,0	117,3	32,0	27K01	202,4	151,6	102,3	18,9
21J02	255,3	239,1	133,8	28,0	28H01	223,7	206,3	104,3	22,7
21K01	199,0	203,2	116,4	33,4	28I01	207,7	198,4	91,2	11,9
21M01	263,6	266,9	121,9	25,7	29G01	230,7	218,1	100,4	18,9
21M02	202,8	228,1	116,4	24,3	29G02	267,0	250,7	109,3	16,9
22E01	247,0	237,5	117,6	24,9	30E01	200,4	190,2	87,4	16,5
22H01	234,5	250,3	119,1	27,2	30F01	455,0	470,3	185,8	32,4
22J01	222,2	211,7	122,3	33,5	30H03	263,5	240,6	98,5	17,4
23E01	181,8	188,8	85,3	17,8					

Quadro A.14 Coeficiente de variação da precipitação trimestral (mm) nas 49 estações
(Out-1931/Set-1999)

Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set
16L03	0,50	0,57	0,47	0,81	23G01	0,51	0,50	0,53	0,86
17J01	0,48	0,54	0,49	0,76	24F01	0,49	0,51	0,50	0,98
17L02	0,48	0,53	0,47	0,81	24H01	0,47	0,53	0,53	0,93
17M01	0,49	0,60	0,48	0,75	24I01	0,47	0,52	0,45	0,83
18G01	0,48	0,55	0,47	0,67	24J03	0,49	0,55	0,52	1,09
18M01	0,50	0,54	0,47	0,68	24N01	0,50	0,54	0,40	0,97
19G02	0,51	0,56	0,48	0,89	25J02	0,52	0,52	0,46	0,97
19J03	0,50	0,57	0,60	0,83	25P01	0,53	0,53	0,47	0,88
19L01	0,50	0,53	0,47	0,85	26F01	0,51	0,53	0,53	1,10
19L02	0,51	0,53	0,49	0,82	26G01	0,50	0,52	0,53	1,03
19M01	0,50	0,54	0,49	0,79	26J01	0,52	0,56	0,51	1,10
19N01	0,47	0,55	0,49	0,96	26L01	0,58	0,54	0,46	1,06
20I01	0,51	0,52	0,49	0,83	27E01	0,50	0,52	0,50	1,06
20L01	0,48	0,55	0,50	0,85	27G01	0,47	0,57	0,52	1,40
20O01	0,53	0,64	0,49	0,92	27H01	0,52	0,53	0,52	1,06
21F01	0,57	0,53	0,49	0,94	27I01	0,49	0,55	0,58	1,19
21G02	0,47	0,53	0,47	0,92	27K01	0,53	0,53	0,50	1,14
21J02	0,49	0,54	0,55	0,89	28H01	0,51	0,56	0,49	1,13
21K01	0,47	0,54	0,51	0,91	28I01	0,56	0,55	0,60	1,33
21M01	0,54	0,62	0,49	1,02	29G01	0,57	0,51	0,53	0,98
21M02	0,53	0,53	0,51	1,15	29G02	0,59	0,54	0,53	1,13
22E01	0,54	0,54	0,51	0,90	30E01	0,53	0,54	0,59	1,00
22H01	0,49	0,55	0,46	0,86	30F01	0,50	0,54	0,51	0,98
22J01	0,50	0,54	0,49	0,80	30H03	0,57	0,52	0,54	1,15
23E01	0,56	0,51	0,53	0,97					

Quadro A.15 Coeficiente de assimetria da precipitação trimestral (mm) nas 49 estações
(Out-1931/Set-1999)

Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Estação	Out-Dez	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set
16L03	1,01	0,71	0,61	0,91	23G01	0,87	0,33	0,70	0,59
17J01	0,96	0,70	0,86	0,92	24F01	0,72	0,67	0,61	1,45
17L02	0,71	0,52	0,45	0,79	24H01	0,82	0,83	0,75	1,16
17M01	0,82	0,98	0,61	0,60	24I01	0,87	0,31	0,19	0,62
18G01	0,86	0,86	0,76	0,70	24J03	0,96	1,03	0,40	1,84
18M01	0,87	0,63	0,74	0,55	24N01	0,78	0,83	0,18	1,44
19G02	1,11	0,76	0,53	1,06	25J02	1,38	0,67	0,15	1,45
19J03	0,70	0,85	0,81	1,36	25P01	1,23	0,67	0,56	0,83
19L01	0,76	0,78	0,59	1,14	26F01	0,88	0,42	1,09	1,80
19L02	0,65	0,43	0,34	0,71	26G01	0,88	0,55	0,71	1,60
19M01	0,59	0,67	0,62	0,66	26J01	1,03	1,10	0,36	1,64
19N01	0,54	0,81	0,17	1,49	26L01	1,62	0,62	0,28	1,30
20I01	0,84	0,46	0,56	0,85	27E01	1,01	0,72	0,82	1,76
20L01	0,42	0,79	0,80	0,90	27G01	0,49	0,98	0,86	4,22
20O01	1,18	1,66	1,12	1,38	27H01	0,87	0,94	1,22	1,41
21F01	1,13	0,60	0,42	1,12	27I01	0,49	0,74	1,14	2,55
21G02	0,66	0,56	0,43	1,41	27K01	1,00	0,90	0,43	1,94
21J02	0,33	0,40	0,44	0,96	28H01	0,85	0,87	0,56	1,77
21K01	0,85	0,57	1,20	1,23	28I01	1,36	1,20	1,16	2,22
21M01	0,79	1,17	0,35	1,43	29G01	1,07	0,38	0,68	0,94
21M02	0,71	0,41	0,59	2,08	29G02	1,44	1,13	1,16	2,03
22E01	0,66	0,60	0,61	0,79	30E01	1,33	0,84	0,99	1,32
22H01	0,61	0,48	0,39	0,86	30F01	1,51	0,77	1,03	1,37
22J01	0,71	0,60	0,74	0,89	30H03	1,20	0,81	1,18	1,68
23E01	0,83	0,53	0,49	0,82					

Quadro A.16 Mediana das temperaturas máxima e mínima e da evapotranspiração de referência mensais em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado no período 1965–2000

Temperatura máxima (°C)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	13,4	14,7	18,0	20,0	24,1	29,5	33,6	33,2	29,4	23,5	17,4	13,9
Évora	12,9	13,9	16,8	18,1	22,1	26,7	30,5	30,5	27,1	21,9	16,2	13,8
Beja	13,8	14,9	18,0	19,9	23,6	29,0	32,7	32,6	28,7	23,4	17,6	14,7
Alvalade	15,3	16,3	18,7	20,3	23,5	27,9	31,4	31,5	29,1	24,6	19,5	16,3

Temperatura mínima (°C)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	3,8	4,9	6,2	7,8	10,6	14,1	16,6	16,2	14,4	11,3	7,8	4,9
Évora	5,6	6,5	7,7	8,6	11,0	13,9	15,8	16,2	15,2	12,7	9,1	6,9
Beja	5,3	5,7	7,1	8,0	10,4	13,4	15,6	15,6	15,0	12,2	8,7	6,3
Alvalade	3,5	5,0	5,8	7,5	10,1	13,0	14,4	13,8	12,6	10,5	7,0	5,2

Evapotranspiração de referência (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	44,8	53,8	89,0	109,4	149,3	189,8	223,7	209,1	150,8	97,7	58,4	43,6
Évora	38,4	45,1	74,1	93,0	129,1	159,8	194,5	178,6	129,6	83,1	48,8	36,7
Beja	44,3	53,6	87,4	110,6	148,5	186,9	221,8	204,1	145,4	96,9	56,3	41,9
Alvalade	55,0	62,5	100,0	117,9	150,7	177,3	213,4	206,5	154,1	109,4	67,2	52,4

Quadro A.17 Coeficiente de variação das temperaturas máxima e mínima e da evapotranspiração de referência mensais em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado no período 1965–2000

Temperatura máxima												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	0,07	0,10	0,12	0,10	0,09	0,08	0,05	0,04	0,07	0,10	0,09	0,08
Évora	0,08	0,11	0,14	0,12	0,11	0,09	0,06	0,05	0,08	0,11	0,10	0,08
Beja	0,06	0,09	0,12	0,10	0,09	0,08	0,05	0,04	0,07	0,09	0,09	0,08
Alvalade	0,05	0,07	0,11	0,09	0,08	0,07	0,05	0,04	0,07	0,08	0,08	0,07

Temperatura mínima												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	0,53	0,31	0,19	0,13	0,12	0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,25	0,44
Évora	0,24	0,18	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,10	0,11	0,16	0,24
Beja	0,27	0,22	0,19	0,15	0,12	0,09	0,08	0,07	0,10	0,11	0,19	0,30
Alvalade	0,69	0,40	0,25	0,17	0,11	0,08	0,08	0,08	0,13	0,17	0,31	0,61

Evapotranspiração de referência												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	0,15	0,14	0,15	0,12	0,11	0,10	0,06	0,05	0,10	0,15	0,12	0,13
Évora	0,14	0,15	0,18	0,15	0,13	0,13	0,09	0,08	0,10	0,15	0,13	0,14
Beja	0,13	0,11	0,13	0,12	0,11	0,10	0,07	0,05	0,09	0,12	0,11	0,12
Alvalade	0,15	0,13	0,16	0,12	0,11	0,11	0,08	0,06	0,12	0,14	0,14	0,15

Quadro A.18 Coeficiente de assimetria das temperaturas máxima e mínima e da evapotranspiração de referência mensais em Elvas, Évora, Beja e Alvalade do Sado no período 1965–2000

Temperatura máxima

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	0,26	1,16	0,72	0,50	0,05	-0,44	-0,46	-0,04	-0,17	-0,09	1,14	-0,53
Évora	0,08	0,85	0,83	0,62	-0,07	0,07	-0,25	0,37	-0,09	-0,07	1,02	-0,23
Beja	0,64	0,61	0,57	0,16	0,02	-0,28	-0,32	-0,23	0,02	-0,01	0,92	-0,56
Alvalade	0,59	0,61	0,57	0,00	0,21	-0,09	-0,59	-0,03	0,04	-0,06	0,90	-0,57

Temperatura mínima

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	-0,09	-0,09	0,02	0,80	0,18	-0,83	-0,08	0,24	0,12	0,04	-0,04	0,11
Évora	-0,34	-0,47	0,10	0,46	0,21	-0,56	0,35	0,31	0,49	-0,10	-0,03	-0,69
Beja	0,25	0,29	0,15	0,73	-0,05	-0,52	-0,30	0,41	0,07	-0,26	0,05	-0,01
Alvalade	0,17	0,28	-0,18	1,13	-0,05	-0,28	0,00	-0,05	0,22	-0,06	0,17	-0,26

Evapotranspiração de referência

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elvas	1,07	1,58	0,76	0,58	0,24	-0,47	-0,23	-0,49	-0,01	-0,01	0,29	0,22
Évora	0,55	1,29	1,78	1,35	0,14	0,45	0,30	0,84	0,04	0,21	0,89	2,11
Beja	0,56	0,27	0,60	0,24	0,19	-0,29	-0,38	-0,36	-0,20	-0,25	0,66	0,48
Alvalade	0,14	-0,16	0,56	0,03	0,52	0,01	-0,22	-0,33	0,32	-0,04	1,56	0,67

Quadro A.19 Parâmetros da distribuição gama (a – forma; b – escala) para totais de precipitação de 12 meses, para os 49 postos, por mês final (continua)

Posto	Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
16L03	9,085	78,798	9,513	75,241	11,909	60,166	12,893	55,558	12,357	57,935	11,606	61,648
17J01	10,921	77,414	11,470	73,693	13,532	62,526	13,599	62,222	12,801	66,065	12,192	69,292
17L02	11,302	68,262	12,053	63,985	15,310	50,407	14,992	51,485	13,789	55,947	12,487	61,730
17M01	8,641	102,403	9,554	92,693	11,894	74,552	11,745	75,491	11,340	78,161	10,191	86,935
18G01	10,845	72,100	11,727	66,646	13,764	56,827	14,123	55,453	12,340	63,438	10,974	71,347
18M01	11,229	76,990	11,654	74,127	15,517	55,709	14,489	59,688	12,688	68,123	11,312	76,345
19G02	10,798	66,092	10,892	65,482	13,270	53,797	13,009	54,874	12,219	58,386	11,613	61,389
19J03	7,920	79,435	8,943	70,127	10,668	58,858	10,016	62,632	8,501	73,789	8,292	75,715
19L01	10,349	64,616	11,715	57,039	15,587	42,892	15,418	43,395	13,707	48,786	12,450	53,698
19L02	8,886	62,992	9,178	60,949	11,005	50,855	11,941	46,959	11,848	47,300	11,234	49,911
19M01	10,006	55,127	11,021	49,968	13,606	40,500	13,316	41,437	11,412	48,322	10,994	50,256
19N01	9,753	64,515	10,691	58,806	12,703	49,526	12,554	50,107	11,569	54,301	11,109	56,560
20I01	9,143	65,737	10,140	59,278	13,230	45,456	13,618	44,220	12,631	47,668	11,910	50,594
20L01	8,951	72,730	9,997	65,091	11,522	56,513	10,456	62,262	10,075	64,575	10,012	64,988
20O01	7,406	80,117	7,624	77,793	8,042	73,787	8,573	69,228	8,228	72,071	8,114	73,114
21F01	10,873	65,260	12,899	54,919	13,757	51,492	13,758	51,532	12,468	56,812	11,521	61,427
21G02	9,923	66,052	11,043	59,290	13,634	48,047	13,348	49,150	13,393	48,948	12,241	53,572
21J02	9,681	71,434	9,879	69,950	10,390	66,532	10,404	66,384	9,383	73,538	8,846	77,856
21K01	10,241	58,200	11,333	52,542	13,166	45,252	12,748	46,733	11,455	51,943	11,022	53,962
21M01	7,336	104,525	7,707	99,305	10,323	74,173	9,720	78,837	8,631	88,649	7,533	101,659
21M02	9,595	65,605	11,178	56,128	12,571	49,967	11,360	55,246	10,785	58,092	9,359	66,970
22E01	9,793	69,607	11,489	59,330	13,052	52,224	12,528	54,459	11,607	58,712	11,158	61,071
22H01	10,098	68,605	11,433	60,506	13,170	52,536	12,892	53,704	12,629	54,793	11,068	62,513
22J01	9,551	68,386	10,666	61,129	12,698	51,350	11,761	55,494	10,969	59,423	10,557	61,689
23E01	8,724	62,512	9,579	56,838	9,801	55,551	9,971	54,650	10,071	54,069	9,249	58,861
23G01	10,672	55,730	12,019	49,403	13,743	43,205	13,756	43,195	12,299	48,282	11,458	51,815
24F01	11,070	62,292	13,241	52,043	16,021	43,035	16,544	41,715	14,510	47,501	12,280	56,095
24H01	11,006	53,844	13,939	42,448	17,334	34,155	14,847	39,948	13,494	43,908	11,763	50,292
24I01	10,439	67,708	12,050	58,570	15,273	46,231	14,781	47,836	14,034	50,354	11,945	59,096
24J03	7,939	72,059	8,671	65,746	9,648	59,117	9,143	62,373	9,382	60,635	9,169	62,039
24N01	10,831	49,584	11,718	45,777	13,478	39,823	12,916	41,535	11,665	45,924	11,212	47,773
25J02	10,300	55,521	10,497	54,407	12,693	45,011	12,817	44,637	12,252	46,669	11,575	49,430
25P01	11,391	49,439	12,223	46,013	13,226	42,546	13,656	41,184	11,898	47,212	11,282	49,817
26F01	9,048	76,883	10,089	68,815	11,214	61,947	10,734	64,721	10,400	66,693	9,985	69,471
26G01	9,942	54,313	11,513	46,869	13,852	38,979	12,673	42,629	12,798	42,141	12,135	44,446
26J01	8,298	60,367	8,722	57,347	10,652	46,983	10,450	47,917	10,602	47,177	9,755	51,307
26L01	8,277	64,354	9,128	58,263	10,796	49,297	10,262	51,728	9,694	54,600	8,968	59,060
27E01	10,961	71,741	11,508	68,269	13,651	57,589	12,731	61,749	13,113	59,874	12,058	65,124
27G01	9,569	72,820	10,235	67,975	12,362	56,319	11,642	59,805	11,518	60,369	10,572	65,770
27H01	9,016	60,359	10,450	52,064	12,526	43,451	12,046	45,190	12,617	43,057	11,079	49,014
27I01	9,659	56,230	9,927	54,662	13,429	40,430	13,823	39,259	12,881	42,062	11,097	48,776
27K01	8,860	57,684	9,365	54,509	12,036	42,431	11,563	44,177	11,567	44,104	10,729	47,578
28H01	8,867	70,118	9,800	63,431	12,597	49,371	13,014	47,794	13,177	47,121	11,190	55,469
28I01	8,321	69,630	9,306	62,248	11,033	52,541	11,432	50,711	12,394	46,753	10,705	54,109
29G01	6,783	96,934	7,969	82,412	9,783	67,151	9,025	72,759	9,339	70,208	8,384	78,106
29G02	8,218	88,933	9,245	79,008	9,940	73,539	9,943	73,530	10,328	70,686	9,708	75,283
30E01	8,297	69,163	9,848	58,187	10,345	55,420	10,950	52,334	10,788	53,016	9,507	60,115
30F01	8,833	144,144	10,453	121,791	12,043	105,790	11,978	106,373	12,000	105,901	10,543	120,568
30H03	8,666	80,576	9,234	75,578	10,635	65,666	10,828	64,510	11,032	63,192	10,347	67,365

Quadro A.19 Parâmetros da distribuição gama (a – forma; b – escala) para totais de precipitação de 12 meses, para os 49 postos, por mês final (continuação)

Posto	Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
16L03	11,714	61,161	11,091	64,624	10,643	67,282	10,481	68,326	10,441	68,579	10,796	66,072
17J01	12,139	69,666	11,858	71,344	11,393	74,213	11,151	75,818	11,169	75,692	12,092	69,600
17L02	13,042	59,113	12,319	62,590	12,189	63,186	11,888	64,785	11,903	64,676	12,928	59,335
17M01	10,196	86,941	9,733	91,123	9,331	94,984	9,150	96,860	9,169	96,622	9,523	92,469
18G01	11,393	68,727	11,222	69,789	10,965	71,396	10,798	72,487	11,001	71,157	11,666	66,748
18M01	11,507	75,069	11,052	78,175	10,750	80,279	10,460	82,504	10,375	83,188	11,648	73,895
19G02	12,307	57,976	11,322	63,030	11,425	62,398	10,943	65,144	10,905	65,369	11,587	61,274
19J03	8,770	71,638	8,482	74,126	8,295	75,793	8,178	76,879	8,139	77,246	8,065	77,627
19L01	12,416	53,891	12,046	55,537	11,587	57,687	10,981	60,867	10,881	61,415	10,969	60,787
19L02	10,576	53,092	10,417	53,906	10,074	55,676	9,876	56,791	9,919	56,542	10,379	54,006
19M01	10,781	51,299	10,690	51,780	10,824	51,112	10,678	51,812	10,767	51,386	11,192	49,126
19N01	11,436	54,947	10,732	58,513	10,438	60,085	10,156	61,761	9,869	63,558	10,677	58,741
20I01	11,732	51,389	12,025	50,186	11,660	51,754	11,220	53,779	11,152	54,121	10,196	58,688
20L01	10,046	64,808	10,070	64,668	9,582	67,885	9,450	68,833	9,869	65,932	10,191	63,493
20O01	8,251	71,927	8,114	73,162	8,268	71,747	8,107	73,179	8,037	73,799	8,237	71,702
21F01	11,538	61,284	11,359	62,282	11,536	61,304	11,139	63,488	11,358	62,262	10,637	66,256
21G02	12,168	53,854	11,500	57,043	11,598	56,515	10,990	59,640	10,819	60,580	11,385	57,450
21J02	9,163	75,118	9,063	75,939	8,928	77,033	8,632	79,672	8,697	79,068	8,885	76,967
21K01	11,193	53,137	11,139	53,445	10,840	54,877	10,542	56,428	10,643	55,900	11,409	52,021
21M01	7,693	99,588	7,585	101,072	7,676	99,836	7,580	101,111	7,648	100,220	7,906	96,452
21M02	9,606	65,242	9,053	69,216	9,320	67,131	9,182	68,138	9,250	67,629	10,404	60,109
22E01	11,121	61,247	10,612	64,244	10,712	63,634	10,449	65,234	10,421	65,409	10,228	66,183
22H01	11,059	62,537	10,647	64,998	10,497	65,898	10,244	67,524	10,557	65,540	11,052	62,330
22J01	10,358	62,841	10,148	64,183	10,027	64,928	9,613	67,718	9,798	66,433	10,138	63,994
23E01	9,171	59,335	10,253	53,117	10,275	53,000	9,598	56,734	9,650	56,430	9,515	56,938
23G01	11,880	49,953	11,061	53,694	11,117	53,414	10,485	56,632	10,526	56,412	11,053	53,456
24F01	12,039	57,203	12,057	57,151	12,073	57,054	12,025	57,287	12,131	56,784	12,142	56,476
24H01	12,843	46,102	11,864	49,932	11,945	49,593	11,273	52,554	11,518	51,456	12,092	48,928
24I01	11,949	59,086	12,275	57,544	12,312	57,363	11,705	60,339	11,965	59,055	12,234	57,593
24J03	9,452	60,115	8,959	63,401	8,869	63,983	8,729	65,011	8,825	64,312	9,051	62,988
24N01	10,684	50,127	10,875	49,255	11,587	46,207	11,330	47,257	11,363	47,123	11,452	46,739
25J02	11,208	51,015	10,538	54,264	10,873	52,584	10,772	53,076	10,861	52,642	11,244	50,710
25P01	11,325	49,660	11,265	49,938	11,847	47,454	11,480	48,971	11,567	48,602	11,869	47,221
26F01	10,174	68,109	10,114	68,550	10,039	69,060	9,869	70,246	9,907	69,982	10,030	68,986
26G01	11,729	45,943	11,336	47,550	11,273	47,807	10,812	49,847	10,840	49,714	11,210	48,008
26J01	9,680	51,686	8,801	56,883	9,041	55,344	8,868	56,424	8,909	56,140	9,003	55,581
26L01	8,290	63,866	8,554	61,798	8,841	59,691	8,734	60,422	8,643	61,048	8,625	61,819
27E01	11,678	67,149	11,578	67,749	11,636	67,386	11,408	68,731	11,482	68,286	11,743	66,580
27G01	10,374	66,981	9,680	71,807	9,696	71,663	9,522	72,971	9,584	72,497	9,919	69,897
27H01	11,275	48,151	10,117	53,645	10,177	53,316	9,703	55,922	9,726	55,792	9,194	58,922
27I01	10,549	51,229	9,302	58,051	9,508	56,764	9,391	57,480	9,452	57,109	8,918	60,523
27K01	10,480	48,712	9,491	53,769	9,553	53,398	9,531	53,520	9,560	53,354	9,317	54,650
28H01	10,796	57,481	10,040	61,794	10,063	61,630	9,929	62,461	10,008	61,976	9,553	64,829
28I01	10,135	57,155	9,268	62,467	9,039	64,042	8,897	65,065	8,930	64,826	8,428	68,338
29G01	8,019	81,628	7,141	91,651	7,152	91,493	7,151	91,500	7,106	92,076	7,119	91,852
29G02	9,215	79,326	8,891	82,183	8,884	82,236	8,853	82,525	8,928	81,845	8,691	83,744
30E01	9,286	61,477	8,763	65,140	8,760	65,135	8,635	66,074	8,652	65,961	8,488	67,334
30F01	10,264	123,860	9,819	129,445	9,705	130,895	9,666	131,415	9,675	131,289	10,008	126,940
30H03	9,964	69,954	9,342	74,586	9,080	76,697	9,087	76,664	9,051	76,977	8,902	78,157

Quadro A.20 Parâmetros da distribuição gama (a – forma; b – escala) para totais de precipitação de 3 meses, para os 49 postos, por mês final (continua)

Posto	Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
16L03	1,536	72,441	2,584	77,267	4,057	66,868	3,770	80,086	3,328	87,033	3,111	84,833
17J01	1,806	65,923	3,673	61,492	4,457	71,222	4,244	85,553	3,662	95,646	3,346	94,277
17L02	1,504	81,045	3,490	60,749	4,236	66,922	4,037	78,115	3,152	98,473	3,168	90,263
17M01	1,938	71,502	3,565	68,278	4,034	79,979	3,537	102,167	3,134	113,159	2,901	111,962
18G01	2,139	57,806	3,810	55,745	4,459	63,124	4,160	76,665	3,357	92,865	3,292	88,056
18M01	1,736	75,786	3,141	73,249	4,015	79,128	3,967	90,909	3,443	102,024	3,239	99,940
19G02	1,312	81,239	2,330	82,687	4,021	65,874	3,878	77,611	3,310	88,407	3,086	86,087
19J03	1,656	57,110	2,867	61,366	3,558	65,404	3,558	72,679	3,224	78,891	2,959	80,109
19L01	1,720	60,053	3,232	56,159	3,928	62,356	3,735	73,137	3,664	72,578	3,478	71,148
19L02	1,298	69,659	2,528	62,082	3,692	57,042	3,573	63,752	3,256	67,250	3,174	64,649
19M01	1,303	67,599	2,785	55,400	3,840	53,174	3,565	62,092	3,568	60,162	3,290	60,521
19N01	1,588	61,387	2,903	60,021	4,188	57,164	3,713	70,580	3,380	74,729	3,189	72,678
20I01	1,939	48,186	2,876	57,539	3,825	58,485	3,657	67,731	3,537	67,438	3,216	68,276
20L01	1,546	63,561	2,978	58,657	3,946	60,798	3,452	76,895	3,538	72,367	3,293	71,657
20O01	1,310	69,011	2,764	60,686	3,837	57,595	3,357	72,121	2,882	79,116	2,845	76,527
21F01	1,769	63,555	3,011	65,625	3,629	78,228	3,461	89,901	3,227	91,374	3,357	75,766
21G02	1,721	59,607	3,025	60,285	4,401	56,724	4,277	64,186	3,745	70,348	3,291	73,579
21J02	1,397	73,758	2,659	70,211	3,525	73,823	3,878	73,148	3,199	86,678	2,774	92,070
21K01	1,629	57,143	2,710	59,721	4,590	48,013	4,244	57,160	3,549	66,036	3,223	68,356
21M01	1,962	60,814	3,130	65,673	3,172	93,503	3,492	95,276	2,765	119,658	2,684	110,559
21M02	1,447	66,697	2,504	68,568	3,512	66,504	3,373	76,426	3,470	71,920	2,984	77,961
22E01	1,366	70,930	2,607	68,990	3,713	71,596	3,300	91,841	3,487	84,400	3,263	80,786
22H01	1,695	59,081	3,168	57,379	3,767	69,188	3,627	80,594	3,494	83,002	3,055	86,171
22J01	1,649	58,969	3,005	58,880	4,367	55,959	3,446	77,694	3,283	78,827	3,231	74,892
23E01	1,399	56,621	2,460	62,368	3,567	62,153	3,425	70,651	3,247	70,417	3,299	61,858
23G01	1,406	64,436	3,160	51,864	4,471	51,566	3,587	69,859	3,648	66,452	3,487	63,935
24F01	1,426	62,175	3,527	50,361	4,086	66,031	3,659	84,960	3,643	84,890	3,759	73,185
24H01	1,738	50,099	3,425	46,349	4,514	49,566	4,018	61,859	3,841	63,025	3,464	64,928
24I01	1,762	60,268	3,324	56,986	4,499	58,754	3,796	78,091	3,488	83,663	3,163	85,013
24J03	1,536	56,074	2,810	56,000	4,356	49,690	3,561	65,956	3,870	58,503	3,446	61,786
24N01	1,421	60,076	2,845	53,636	4,000	50,545	3,630	58,660	3,570	55,634	3,247	57,416
25J02	1,557	52,497	3,071	50,367	3,842	57,176	3,945	60,968	3,546	64,796	3,525	59,812
25P01	1,484	59,528	2,993	53,427	3,593	58,450	3,604	63,157	3,312	63,499	3,366	57,786
26F01	1,420	67,436	2,693	68,332	3,903	70,024	4,183	74,852	3,582	85,765	3,250	85,439
26G01	1,278	63,469	2,737	56,286	3,947	53,933	3,847	61,169	3,709	60,265	3,545	57,179
26J01	1,817	39,416	2,682	51,197	3,537	56,594	3,617	60,171	3,440	58,539	3,211	57,099
26L01	2,001	40,759	2,925	50,629	3,445	60,303	3,006	73,932	2,934	70,066	3,061	62,036
27E01	1,242	84,038	2,824	74,777	3,903	78,629	4,565	77,365	4,214	80,570	3,686	84,347
27G01	1,532	65,226	2,703	69,027	4,250	63,532	4,522	67,661	3,896	76,366	3,152	86,247
27H01	1,393	57,505	2,952	51,109	3,570	59,803	3,611	63,134	3,853	56,591	3,615	54,002
27I01	1,601	49,955	2,688	55,218	3,850	54,885	3,862	60,050	3,617	61,472	3,207	63,236
27K01	1,383	58,058	2,764	51,964	3,503	57,590	3,651	58,138	3,364	59,153	3,614	49,539
28H01	1,455	59,675	2,798	60,946	3,847	63,372	3,689	73,621	3,407	75,813	3,225	73,014
28I01	1,284	65,102	2,692	59,126	3,300	70,328	3,652	69,635	3,417	70,852	3,600	60,434
29G01	1,220	76,206	2,316	80,377	2,897	92,963	3,566	82,899	3,424	80,318	3,065	81,426
29G02	1,513	71,272	2,467	85,884	3,199	94,171	3,506	93,482	3,523	85,792	3,694	75,150
30E01	1,714	50,684	3,335	50,951	3,872	61,275	4,185	60,466	4,299	53,932	3,415	61,638
30F01	1,580	103,697	3,082	107,764	4,438	112,328	4,234	135,310	4,193	136,263	3,471	149,140
30H03	1,656	62,094	2,508	77,921	3,365	86,342	3,509	91,690	3,475	87,196	3,868	70,076

Quadro A.20 Parâmetros da distribuição gama (a – forma; b – escala) para totais de precipitação de 3 meses, para os 49 postos, por mês final (continuação)

Posto	Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
16L03	3,741	58,932	5,700	32,833	3,986	33,372	2,021	39,809	1,369	26,996	1,015	45,108
17J01	3,341	78,082	5,649	39,072	3,948	40,779	1,833	53,296	1,110	40,899	1,407	34,397
17L02	3,501	68,608	5,817	34,633	3,779	38,651	2,161	41,402	1,077	40,189	1,257	42,972
17M01	3,287	83,080	5,238	45,379	3,965	43,724	2,445	43,809	1,503	31,040	1,369	44,323
18G01	4,272	56,604	5,608	37,966	4,395	34,915	2,258	41,162	1,365	30,311	2,201	25,228
18M01	3,790	71,759	6,180	37,780	4,355	37,896	2,190	44,632	1,292	35,381	1,972	28,821
19G02	3,935	56,050	5,675	33,764	3,689	36,918	1,682	48,337	1,231	27,999	1,165	40,756
19J03	2,835	70,418	3,428	48,292	2,383	49,655	1,499	49,097	1,069	28,986	1,184	34,038
19L01	3,731	56,278	5,421	33,549	4,262	30,729	2,108	37,526	1,353	27,184	1,210	36,951
19L02	3,242	53,696	4,799	32,019	3,583	30,980	2,126	31,765	0,999	30,275	1,219	29,871
19M01	3,593	48,575	4,701	32,183	3,774	29,499	2,119	31,839	1,301	25,287	1,362	28,285
19N01	3,347	60,274	4,947	34,463	3,367	35,772	1,489	46,049	0,910	32,542	0,824	45,842
20I01	3,651	52,197	6,336	26,086	3,849	30,835	2,285	30,896	1,110	27,570	1,446	27,647
20L01	4,159	48,941	5,718	30,952	4,045	32,051	1,794	45,147	1,061	39,884	1,207	36,594
20O01	2,867	66,307	4,443	36,979	3,801	30,615	2,147	31,970	0,965	33,474	1,062	34,451
21F01	4,255	49,002	6,705	26,915	3,627	35,098	1,763	41,785	1,143	30,058	1,006	45,873
21G02	3,811	53,841	5,398	32,370	3,965	30,546	1,937	36,175	1,226	27,160	0,974	42,239
21J02	3,328	65,578	4,740	39,496	2,753	48,190	1,617	49,274	1,403	28,255	1,188	32,266
21K01	4,308	44,342	5,813	28,398	4,088	28,574	2,318	29,587	1,231	27,699	1,010	39,708
21M01	2,963	82,453	3,700	53,793	3,493	37,502	2,007	38,536	1,440	23,465	1,356	33,699
21M02	3,839	52,718	5,456	31,725	3,493	35,080	2,001	34,957	1,121	29,241	0,975	40,578
22E01	3,990	53,319	4,830	37,309	3,345	35,897	1,824	38,722	1,510	19,276	1,494	25,080
22H01	3,887	57,221	5,615	33,169	3,981	32,436	2,127	34,322	1,227	25,394	0,948	38,956
22J01	4,308	47,754	6,527	27,510	4,063	31,305	2,205	35,114	1,015	33,370	1,055	36,781
23E01	3,963	42,988	6,452	22,000	2,973	31,064	1,401	36,721	0,954	20,846	0,882	33,936
23G01	4,184	44,797	5,511	29,124	3,231	33,342	1,485	41,445	1,116	23,095	1,026	35,285
24F01	4,023	56,621	5,604	32,153	3,187	35,088	1,467	39,945	1,041	18,656	1,000	30,792
24H01	4,437	43,920	6,285	26,131	3,296	33,442	1,920	31,560	0,956	27,150	1,054	33,042
24I01	4,141	54,797	7,644	24,970	4,083	31,990	2,171	34,473	1,156	27,520	1,172	36,414
24J03	3,815	49,499	4,153	38,529	3,783	30,168	1,831	35,416	1,338	23,666	1,055	31,659
24N01	4,875	34,647	6,825	22,429	5,234	22,023	2,269	29,363	1,149	28,028	1,071	31,632
25J02	4,976	37,335	6,721	23,925	3,837	29,307	1,670	36,532	0,932	27,466	0,938	29,097
25P01	5,562	31,205	6,807	22,819	3,954	30,240	2,437	29,716	1,103	34,639	1,138	36,911
26F01	3,687	61,121	5,835	30,904	3,732	30,165	1,523	38,943	1,078	21,102	0,988	32,568
26G01	3,915	43,570	5,511	25,916	3,446	27,448	2,080	24,673	0,912	20,316	0,824	35,024
26J01	4,387	36,514	4,561	30,951	3,292	28,881	1,589	32,721	1,221	21,021	1,085	23,176
26L01	4,429	38,718	4,594	33,415	3,974	27,151	1,645	35,389	1,041	24,699	1,285	26,098
27E01	4,398	58,407	5,398	38,817	3,891	33,509	1,723	38,405	1,147	20,989	1,006	36,122
27G01	3,752	60,852	4,335	43,704	3,705	32,318	1,897	33,982	0,919	22,794	1,074	34,044
27H01	4,848	35,680	4,786	31,779	3,946	26,691	1,931	30,546	0,862	25,199	0,879	32,426
27I01	4,028	44,569	3,925	38,196	2,733	35,900	1,794	27,504	1,181	16,270	1,086	28,779
27K01	4,634	35,323	4,180	34,570	3,520	29,000	1,692	31,550	1,098	24,417	1,199	27,179
28H01	4,566	45,478	5,332	32,066	3,671	29,932	1,873	28,079	0,972	20,904	1,251	29,333
28I01	4,287	43,543	4,281	36,774	2,921	34,158	1,312	39,391	0,984	20,366	0,979	33,532
29G01	3,608	58,976	3,620	48,099	3,843	28,536	1,750	33,552	1,181	19,603	1,051	30,584
29G02	4,425	53,400	4,621	42,022	3,740	31,701	1,615	36,217	0,987	21,532	0,946	35,246
30E01	4,415	41,697	4,091	37,900	2,902	34,119	1,273	37,145	1,041	15,076	1,069	25,413
30F01	4,339	99,165	5,352	61,852	3,720	54,829	1,674	58,186	1,002	33,220	0,953	53,627
30H03	4,661	48,157	4,558	39,294	3,204	33,353	1,382	37,374	0,844	25,088	1,053	32,692

Quadro A.21 Séries de totais de precipitação, referentes a 3 meses, para as quais a distribuição gama é rejeitada, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (D), Cramer-von Mises (W^2) e Anderson-Darling (A^2), com um nível de significância de 5%

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
16L03	A^2		D	$W^2 A^2$							W^2	$W^2 A^2$
17J01	$W^2 A^2$											W^2
17L02	$W^2 A^2$											
18G01	$W^2 A^2$											
18M01	A^2											
19G02	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$			W^2				W^2			W^2
19J03	$W^2 A^2$									W^2		$W^2 A^2$
19L01	$W^2 A^2$											
19L02	$W^2 A^2$											
19M01	$W^2 A^2$										W^2	$W^2 A^2$
19N01	A^2								A^2			$W^2 A^2$
20I01											W^2	
20L01	$W^2 A^2$											W^2
20O01	A^2	$W^2 A^2$										
21F01											W^2	
21G02					W^2							
21J02							A^2				$W^2 A^2$	W^2
21K01	$W^2 A^2$								W^2			$W^2 A^2$
21M01	W^2							A^2			$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
21M02											W^2	W^2
22E01				W^2	W^2					W^2	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
22H01												A^2
22J01					$W^2 A^2$							$W^2 A^2$
23E01			W^2								$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
23G01	$W^2 A^2$										W^2	$W^2 A^2$
24F01	$W^2 A^2$											
24I01					$W^2 A^2$				$W^2 A^2$			W^2
24J03										W^2	$W^2 A^2$	W^2
24N01											W^2	W^2
25J02									A^2			
25P01	$W^2 A^2$										W^2	$W^2 A^2$
26F01											$W^2 A^2$	W^2
26G01	$W^2 A^2$										W^2	
26J01											$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
26L01											W^2	$W^2 A^2$
27E01	$W^2 A^2$				$W^2 A^2$				$W^2 A^2$		W^2	W^2
27G01				W^2							W^2	$W^2 A^2$
27H01											$W^2 A^2$	
27I01											W^2	W^2
27K01											$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
28H01	W^2										W^2	$W^2 A^2$
28I01											$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
29G01										W^2	$W^2 A^2$	$W^2 A^2$
29G02											W^2	W^2
30E01											$W^2 A^2$	W^2
30F01											W^2	
30H03											$W^2 A^2$	$W^2 A^2$

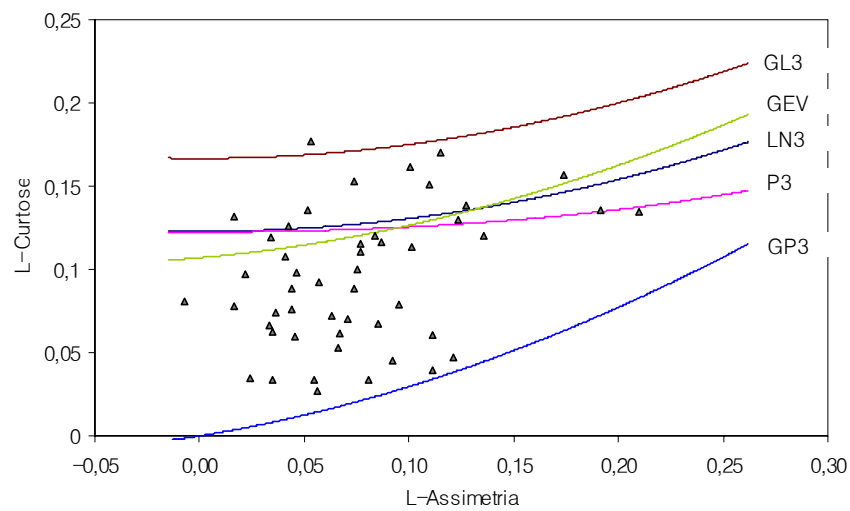


Figura A.1 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose dos totais de precipitação Nov-Out calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas e os valores teóricos para algumas distribuições a 3 parâmetros

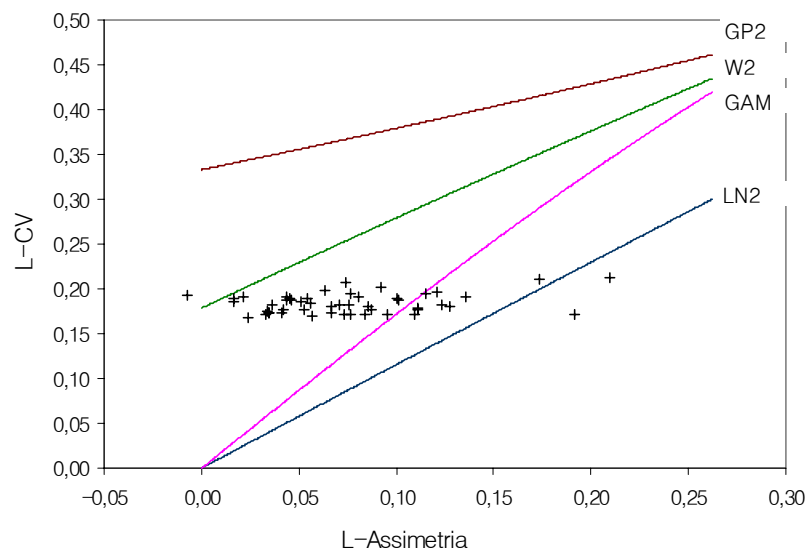


Figura A.2 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação dos totais de precipitação Nov-Out calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas e os valores teóricos para algumas distribuições a 2 parâmetros

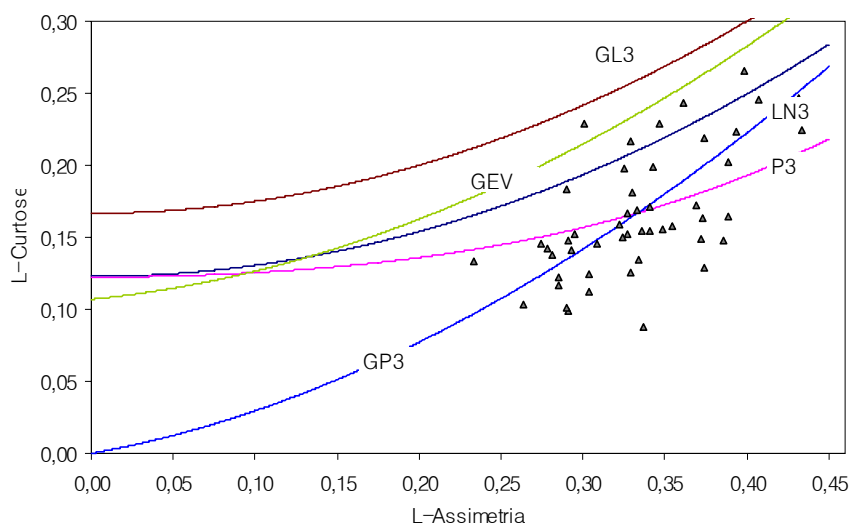


Figura A.3 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose dos totais de precipitação Jun-Ago calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas e os valores teóricos para algumas distribuições a 3 parâmetros

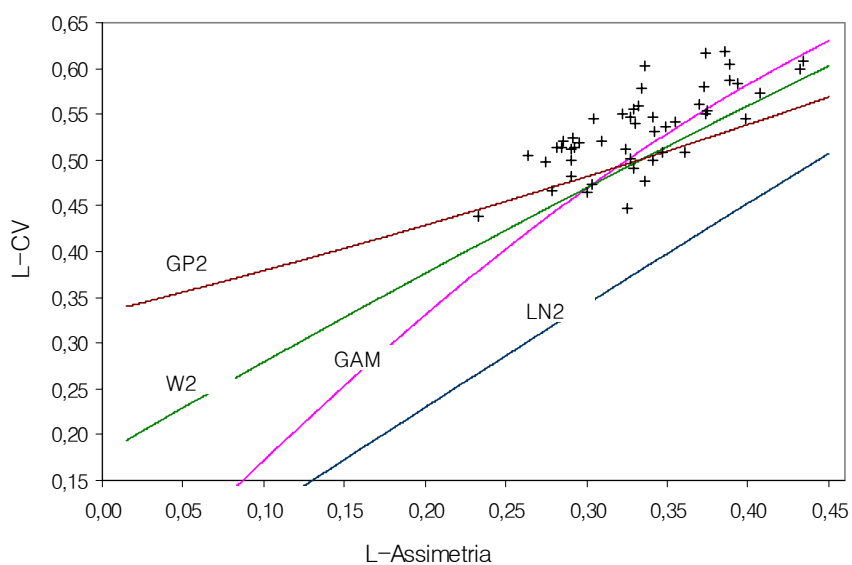


Figura A.4 Relação entre o coeficiente de assimetria e o coeficiente de variação dos totais de precipitação Jun-Ago calculados pelos momentos-L nas 49 estações udométricas e os valores teóricos para algumas distribuições a 2 parâmetros

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continua)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
16L03	1	1931/32	1931/32	1	4,37	4,37
	2	1944/45	1944/45	1	168,27	168,27
	3	1948/49	1948/49	1	61,17	61,17
	4	1952/53	1952/53	1	29,47	29,47
	5	1956/57	1957/58	2	166,54	83,27
	6	1973/74	1973/74	1	20,17	20,17
	7	1975/76	1975/76	1	56,47	56,47
	8	1980/81	1980/81	1	148,77	148,77
	9	1982/83	1982/83	1	35,37	35,37
	10	1991/92	1991/92	1	41,37	41,37
17J01	1	1931/32	1931/32	1	13,29	13,29
	2	1944/45	1944/45	1	178,39	178,39
	3	1948/49	1948/49	1	41,09	41,09
	4	1952/53	1952/53	1	99,49	99,49
	5	1964/65	1964/65	1	39,19	39,19
	6	1980/81	1980/81	1	187,09	187,09
	7	1982/83	1982/83	1	120,19	120,19
	8	1988/89	1988/89	1	4,19	4,19
	9	1990/91	1991/92	2	137,88	68,94
	10	1998/99	1998/99	1	57,29	57,29
17L02	1	1934/35	1934/35	1	11,33	11,33
	2	1943/44	1944/45	2	167,57	83,78
	3	1952/53	1952/53	1	57,13	57,13
	4	1964/65	1964/65	1	49,93	49,93
	5	1975/76	1975/76	1	74,73	74,73
	6	1980/81	1980/81	1	140,03	140,03
	7	1982/83	1982/83	1	144,23	144,23
	8	1988/89	1988/89	1	3,63	3,63
	9	1991/92	1991/92	1	66,93	66,93
	10	1994/95	1994/95	1	46,83	46,83
	11	1998/99	1998/99	1	130,03	130,03
17M01	1	1931/32	1931/32	1	53,37	53,37
	2	1934/35	1934/35	1	28,47	28,47
	3	1944/45	1944/45	1	177,37	177,37
	4	1952/53	1952/53	1	80,87	80,87
	5	1956/57	1957/58	2	34,35	17,17
	6	1964/65	1964/65	1	63,57	63,57
	7	1974/75	1975/76	2	33,45	16,72
	8	1980/81	1980/81	1	131,67	131,67
	9	1982/83	1982/83	1	26,77	26,77
	10	1988/89	1988/89	1	0,77	0,77
	11	1991/92	1991/92	1	115,37	115,37
	12	1998/99	1998/99	1	47,17	47,17
18G01	1	1931/32	1931/32	1	49,67	49,67
	2	1933/34	1934/35	2	186,34	93,17
	3	1944/45	1944/45	1	69,77	69,77
	4	1948/49	1948/49	1	15,97	15,97
	5	1980/81	1980/81	1	134,27	134,27
	6	1982/83	1982/83	1	74,47	74,47
	7	1988/89	1988/89	1	19,47	19,47
	8	1991/92	1991/92	1	155,47	155,47
	9	1994/95	1994/95	1	60,17	60,17
	10	1998/99	1998/99	1	41,27	41,27

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
18M01	1	1943/44	1944/45	2	295,35	147,67
	2	1948/49	1948/49	1	63,52	63,52
	3	1952/53	1952/53	1	109,62	109,62
	4	1980/81	1980/81	1	66,22	66,22
	5	1982/83	1982/83	1	96,62	96,62
	6	1991/92	1991/92	1	15,42	15,42
	7	1998/99	1998/99	1	42,12	42,12
19G02	1	1934/35	1934/35	1	8,61	8,61
	2	1943/44	1944/45	2	274,22	137,11
	3	1952/53	1952/53	1	149,81	149,81
	4	1964/65	1964/65	1	13,01	13,01
	5	1974/75	1975/76	2	30,72	15,36
	6	1980/81	1980/81	1	126,31	126,31
	7	1982/83	1982/83	1	138,01	138,01
	8	1988/89	1988/89	1	16,71	16,71
	9	1991/92	1991/92	1	129,51	129,51
	10	1994/95	1994/95	1	108,81	108,81
	11	1998/99	1998/99	1	75,01	75,01
19J03	1	1932/33	1933/34	2	265	132,5
	2	1936/37	1936/37	1	71,15	71,15
	3	1938/39	1939/40	2	175,2	87,6
	4	1943/44	1943/44	1	49,55	49,55
	5	1952/53	1952/53	1	50,45	50,45
	6	1980/81	1980/81	1	134,55	134,55
	7	1991/92	1991/92	1	0,45	0,45
	8	1994/95	1994/95	1	121,75	121,75
	9	1998/99	1998/99	1	55,85	55,85
19L01	1	1943/44	1944/45	2	163,49	81,74
	2	1964/65	1964/65	1	95,99	95,99
	3	1967/68	1967/68	1	9,79	9,79
	4	1971/72	1971/72	1	37,29	37,29
	5	1975/76	1975/76	1	14,19	14,19
	6	1980/81	1980/81	1	61,79	61,79
	7	1982/83	1982/83	1	146,49	146,49
	8	1988/89	1988/89	1	48,79	48,79
	9	1991/92	1991/92	1	86,09	86,09
	10	1998/99	1998/99	1	36,09	36,09
19L02	1	1934/35	1934/35	1	68,05	68,05
	2	1943/44	1944/45	2	238,9	119,45
	3	1949/50	1949/50	1	74,45	74,45
	4	1952/53	1952/53	1	32,25	32,25
	5	1970/71	1970/71	1	37,65	37,65
	6	1980/81	1980/81	1	78,55	78,55
	7	1982/83	1982/83	1	130,05	130,05
	8	1988/89	1988/89	1	8,75	8,75
	9	1994/95	1994/95	1	105,15	105,15
19M01	1	1931/32	1932/33	2	88,89	44,45
	2	1934/35	1934/35	1	85,7	85,7
	3	1944/45	1944/45	1	118,7	118,7
	4	1952/53	1953/54	2	72,19	36,1
	5	1980/81	1982/83	3	145,79	48,6
	6	1991/92	1991/92	1	67,4	67,4
	7	1994/95	1994/95	1	100,4	100,4

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défice acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
19N01	1	1934/35	1934/35	1	18,65	18,65
	2	1944/45	1944/45	1	139,05	139,05
	3	1952/53	1952/53	1	183,05	183,05
	4	1971/72	1971/72	1	38,95	38,95
	5	1973/74	1975/76	3	59,06	19,69
	6	1980/81	1980/81	1	106,55	106,55
	7	1982/83	1982/83	1	117,55	117,55
	8	1988/89	1988/89	1	36,35	36,35
	9	1991/92	1991/92	1	27,65	27,65
	10	1994/95	1994/95	1	110,65	110,65
	11	1998/99	1998/99	1	52,95	52,95
20I01	1	1931/32	1931/32	1	210,12	210,12
	2	1934/35	1934/35	1	56,82	56,82
	3	1943/44	1944/45	2	223,13	111,57
	4	1948/49	1948/49	1	15,82	15,82
	5	1957/58	1957/58	1	6,32	6,32
	6	1980/81	1980/81	1	43,62	43,62
	7	1982/83	1982/83	1	13,42	13,42
	8	1988/89	1988/89	1	3,32	3,32
	9	1991/92	1991/92	1	47,62	47,62
	10	1994/95	1994/95	1	105,72	105,72
	11	1998/99	1998/99	1	6,62	6,62
20L01	1	1931/32	1931/32	1	1,59	1,59
	2	1943/44	1944/45	2	58,57	29,29
	3	1948/49	1948/49	1	48,79	48,79
	4	1966/67	1967/68	2	160,07	80,04
	5	1970/71	1971/72	2	93,07	46,54
	6	1973/74	1973/74	1	1,09	1,09
	7	1980/81	1980/81	1	116,39	116,39
	8	1982/83	1982/83	1	37,49	37,49
	9	1994/95	1994/95	1	16,69	16,69
	10	1998/99	1998/99	1	110,79	110,79
20O01	1	1934/35	1934/35	1	13,11	13,11
	2	1943/44	1944/45	2	35,01	17,51
	3	1980/81	1980/81	1	34,91	34,91
	4	1982/83	1982/83	1	63,61	63,61
	5	1994/95	1994/95	1	19,21	19,21
	6	1998/99	1998/99	1	15,61	15,61
21F01	1	1934/35	1934/35	1	17,74	17,74
	2	1943/44	1944/45	2	274,09	137,04
	3	1949/50	1949/50	1	2,14	2,14
	4	1952/53	1952/53	1	55,54	55,54
	5	1956/57	1957/58	2	137,29	68,64
	6	1964/65	1964/65	1	97,14	97,14
	7	1982/83	1982/83	1	120,84	120,84
	8	1991/92	1991/92	1	8,64	8,64
	9	1994/95	1994/95	1	118,74	118,74
	10	1998/99	1998/99	1	204,44	204,44

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
21G02	1	1943/44	1944/45	2	312,59	156,29
	2	1952/53	1952/53	1	111,79	111,79
	3	1964/65	1964/65	1	0,69	0,69
	4	1975/76	1975/76	1	28,09	28,09
	5	1980/81	1980/81	1	54,29	54,29
	6	1982/83	1982/83	1	69,89	69,89
	7	1988/89	1988/89	1	79,99	79,99
	8	1991/92	1992/93	2	129,69	64,84
	9	1994/95	1994/95	1	21,39	21,39
	10	1998/99	1998/99	1	32,89	32,89
21J02	1	1944/45	1944/45	1	224,82	224,82
	2	1952/53	1952/53	1	67,62	67,62
	3	1971/72	1971/72	1	68,62	68,62
	4	1973/74	1973/74	1	23,22	23,22
	5	1980/81	1980/81	1	119,02	119,02
	6	1982/83	1982/83	1	83,82	83,82
	7	1998/99	1998/99	1	309,22	309,22
21K01	1	1934/35	1934/35	1	74,32	74,32
	2	1943/44	1944/45	2	141,84	70,92
	3	1980/81	1982/83	3	268,66	89,55
	4	1985/86	1985/86	1	6,32	6,32
	5	1991/92	1991/92	1	59,62	59,62
	6	1994/95	1994/95	1	28,82	28,82
	7	1998/99	1998/99	1	78,82	78,82
21M01	1	1934/35	1934/35	1	108,27	108,27
	2	1943/44	1944/45	2	199,75	99,87
	3	1952/53	1952/53	1	141,27	141,27
	4	1964/65	1964/65	1	39,17	39,17
	5	1980/81	1980/81	1	36,67	36,67
	6	1982/83	1982/83	1	72,57	72,57
	7	1994/95	1994/95	1	104,07	104,07
	8	1998/99	1998/99	1	56,97	56,97
21M02	1	1934/35	1934/35	1	129,77	129,77
	2	1937/38	1938/39	2	213,14	106,57
	3	1943/44	1944/45	2	82,74	41,37
	4	1953/54	1953/54	1	29,97	29,97
	5	1956/57	1956/57	1	10,77	10,77
	6	1980/81	1980/81	1	47,87	47,87
	7	1982/83	1982/83	1	37,37	37,37
	8	1991/92	1991/92	1	70,67	70,67
	9	1994/95	1994/95	1	136,87	136,87
	10	1998/99	1998/99	1	133,87	133,87
22E01	1	1931/32	1931/32	1	131,66	131,66
	2	1934/35	1934/35	1	38,86	38,86
	3	1943/44	1944/45	2	261,73	130,86
	4	1948/49	1948/49	1	78,86	78,86
	5	1956/57	1956/57	1	11,46	11,46
	6	1964/65	1964/65	1	70,76	70,76
	7	1975/76	1975/76	1	21,76	21,76
	8	1980/81	1980/81	1	90,96	90,96
	9	1982/83	1982/83	1	77,36	77,36
	10	1991/92	1991/92	1	1,76	1,76
	11	1994/95	1994/95	1	116,56	116,56
	12	1998/99	1998/99	1	198,06	198,06

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
22H01	1	1943/44	1944/45	2	279,23	139,61
	2	1975/76	1975/76	1	45,06	45,06
	3	1980/81	1982/83	3	218,79	72,93
	4	1991/92	1992/93	2	100,83	50,41
	5	1994/95	1994/95	1	92,76	92,76
	6	1998/99	1998/99	1	140,56	140,56
22J01	1	1934/35	1934/35	1	12,89	12,89
	2	1943/44	1944/45	2	167,88	83,94
	3	1952/53	1953/54	2	21,08	10,54
	4	1957/58	1957/58	1	38,79	38,79
	5	1975/76	1975/76	1	31,39	31,39
	6	1980/81	1980/81	1	88,69	88,69
	7	1982/83	1982/83	1	76,19	76,19
	8	1991/92	1991/92	1	99,69	99,69
	9	1994/95	1994/95	1	40,49	40,49
	10	1998/99	1998/99	1	178,49	178,49
23E01	1	1933/34	1934/35	2	191,52	95,76
	2	1943/44	1944/45	2	261,02	130,51
	3	1956/57	1956/57	1	48,11	48,11
	4	1964/65	1964/65	1	47,61	47,61
	5	1982/83	1982/83	1	58,61	58,61
	6	1994/95	1994/95	1	0,21	0,21
	7	1998/99	1998/99	1	148,11	148,11
23G01	1	1934/35	1934/35	1	6,37	6,37
	2	1943/44	1944/45	2	287,95	143,97
	3	1948/49	1948/49	1	8,57	8,57
	4	1952/53	1952/53	1	116,27	116,27
	5	1964/65	1964/65	1	47,57	47,57
	6	1980/81	1980/81	1	14,87	14,87
	7	1982/83	1982/83	1	3,67	3,67
	8	1991/92	1991/92	1	31,27	31,27
	9	1994/95	1994/95	1	51,27	51,27
	10	1998/99	1998/99	1	167,27	167,27
24F01	1	1931/32	1931/32	1	10,42	10,42
	2	1943/44	1944/45	2	182,24	91,12
	3	1952/53	1952/53	1	23,32	23,32
	4	1956/57	1956/57	1	21,12	21,12
	5	1964/65	1964/65	1	24,92	24,92
	6	1975/76	1975/76	1	37,22	37,22
	7	1979/80	1980/81	2	113,84	56,92
	8	1982/83	1982/83	1	90,92	90,92
	9	1991/92	1991/92	1	53,52	53,52
	10	1994/95	1994/95	1	141,72	141,72
	11	1998/99	1998/99	1	79,72	79,72
24H01	1	1943/44	1944/45	2	234,88	117,44
	2	1956/57	1956/57	1	2,99	2,99
	3	1964/65	1964/65	1	6,19	6,19
	4	1971/72	1971/72	1	8,19	8,19
	5	1975/76	1975/76	1	42,79	42,79
	6	1980/81	1980/81	1	27,89	27,89
	7	1982/83	1982/83	1	119,79	119,79
	8	1991/92	1991/92	1	102,69	102,69
	9	1994/95	1994/95	1	95,69	95,69

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
24I01	1	1943/44	1944/45	2	230,2	115,1
	2	1956/57	1956/57	1	13,3	13,3
	3	1975/76	1975/76	1	51,5	51,5
	4	1980/81	1980/81	1	51,2	51,2
	5	1982/83	1982/83	1	240,3	240,3
	6	1991/92	1991/92	1	105,3	105,3
	7	1994/95	1994/95	1	90,5	90,5
	8	1998/99	1998/99	1	34,8	34,8
24J03	1	1933/34	1933/34	1	0,65	0,65
	2	1943/44	1944/45	2	93,71	46,85
	3	1952/53	1954/55	3	424,76	141,59
	4	1956/57	1957/58	2	128,91	64,45
	5	1964/65	1964/65	1	18,45	18,45
	6	1980/81	1980/81	1	109,05	109,05
	7	1982/83	1982/83	1	86,45	86,45
	8	1991/92	1991/92	1	35,45	35,45
	9	1994/95	1994/95	1	74,35	74,35
24N01	1	1934/35	1934/35	1	1,43	1,43
	2	1944/45	1944/45	1	135,73	135,73
	3	1956/57	1957/58	2	17,16	8,58
	4	1971/72	1971/72	1	29,03	29,03
	5	1980/81	1980/81	1	54,33	54,33
	6	1982/83	1982/83	1	110,73	110,73
	7	1990/91	1992/93	3	112,78	37,59
	8	1994/95	1994/95	1	90,73	90,73
	9	1998/99	1998/99	1	56,33	56,33
25J02	1	1933/34	1934/35	2	36,55	18,27
	2	1943/44	1944/45	2	280,25	140,12
	3	1956/57	1956/57	1	4,12	4,12
	4	1980/81	1980/81	1	136,12	136,12
	5	1982/83	1982/83	1	90,52	90,52
	6	1991/92	1991/92	1	35,62	35,62
	7	1994/95	1994/95	1	111,02	111,02
	8	1998/99	1998/99	1	29,82	29,82
25P01	1	1944/45	1944/45	1	168,37	168,37
	2	1956/57	1957/58	2	66,14	33,07
	3	1964/65	1964/65	1	43,67	43,67
	4	1980/81	1980/81	1	17,77	17,77
	5	1982/83	1982/83	1	93,07	93,07
	6	1991/92	1992/93	2	104,74	52,37
	7	1994/95	1994/95	1	50,87	50,87
	8	1998/99	1998/99	1	81,57	81,57
26F01	1	1933/34	1934/35	2	46,57	23,28
	2	1943/44	1944/45	2	262,17	131,08
	3	1952/53	1952/53	1	69,53	69,53
	4	1980/81	1980/81	1	122,23	122,23
	5	1982/83	1982/83	1	187,63	187,63
	6	1991/92	1992/93	2	124,57	62,28
	7	1994/95	1994/95	1	99,43	99,43
	8	1998/99	1998/99	1	50,93	50,93

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défice acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
26G01	1	1934/35	1934/35	1	45,76	45,76
	2	1943/44	1944/45	2	208,42	104,21
	3	1952/53	1952/53	1	35,96	35,96
	4	1956/57	1957/58	2	6,52	3,26
	5	1964/65	1964/65	1	3,16	3,16
	6	1980/81	1980/81	1	83,86	83,86
	7	1982/83	1982/83	1	102,66	102,66
	8	1991/92	1991/92	1	14,76	14,76
	9	1994/95	1994/95	1	190,36	190,36
	10	1998/99	1998/99	1	50,56	50,56
26J01	1	1943/44	1944/45	2	190,57	95,28
	2	1964/65	1964/65	1	24,43	24,43
	3	1972/73	1973/74	2	100,97	50,48
	4	1979/80	1980/81	2	156,57	78,28
	5	1982/83	1982/83	1	117,93	117,93
	6	1991/92	1991/92	1	29,53	29,53
	7	1994/95	1994/95	1	78,53	78,53
	8	1998/99	1998/99	1	3,03	3,03
26L01	1	1934/35	1934/35	1	26,46	26,46
	2	1943/44	1944/45	2	215,72	107,86
	3	1964/65	1964/65	1	24,76	24,76
	4	1966/67	1966/67	1	118,36	118,36
	5	1971/72	1973/74	3	41,68	13,89
	6	1980/81	1980/81	1	162,56	162,56
	7	1982/83	1982/83	1	107,26	107,26
	8	1994/95	1994/95	1	1,86	1,86
27E01	1	1931/32	1931/32	1	17,07	17,07
	2	1934/35	1934/35	1	122,07	122,07
	3	1944/45	1944/45	1	157,87	157,87
	4	1948/49	1948/49	1	17,77	17,77
	5	1956/57	1956/57	1	10,27	10,27
	6	1964/65	1964/65	1	126,47	126,47
	7	1966/67	1966/67	1	109,37	109,37
	8	1980/81	1980/81	1	47,07	47,07
	9	1982/83	1982/83	1	129,37	129,37
	10	1991/92	1992/93	2	27,05	13,52
	11	1994/95	1994/95	1	101,17	101,17
	12	1998/99	1998/99	1	94,17	94,17
27G01	1	1943/44	1944/45	2	233,99	117
	2	1964/65	1964/65	1	14,3	14,3
	3	1973/74	1973/74	1	102,6	102,6
	4	1975/76	1975/76	1	75,9	75,9
	5	1980/81	1980/81	1	140,5	140,5
	6	1982/83	1982/83	1	115,8	115,8
	7	1986/87	1986/87	1	3,7	3,7
	8	1991/92	1992/93	2	86,19	43,1
	9	1994/95	1994/95	1	179,4	179,4
	10	1998/99	1998/99	1	45,3	45,3

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
27H01	1	1934/35	1934/35	1	86,26	86,26
	2	1936/37	1936/37	1	68,06	68,06
	3	1943/44	1944/45	2	182,02	91,01
	4	1956/57	1956/57	1	32,46	32,46
	5	1980/81	1980/81	1	96,96	96,96
	6	1982/83	1982/83	1	73,36	73,36
	7	1991/92	1991/92	1	49,76	49,76
	8	1994/95	1994/95	1	64,76	64,76
	9	1998/99	1998/99	1	119,66	119,66
27I01	1	1943/44	1944/45	2	265,29	132,64
	2	1956/57	1957/58	2	109,19	54,59
	3	1964/65	1964/65	1	49,14	49,14
	4	1980/81	1980/81	1	96,34	96,34
	5	1982/83	1982/83	1	86,14	86,14
	6	1991/92	1991/92	1	98,04	98,04
	7	1994/95	1994/95	1	100,44	100,44
	8	1998/99	1998/99	1	181,84	181,84
27K01	1	1944/45	1944/45	1	138,39	138,39
	2	1964/65	1964/65	1	48,39	48,39
	3	1973/74	1973/74	1	12,89	12,89
	4	1980/81	1980/81	1	116,09	116,09
	5	1982/83	1982/83	1	144,49	144,49
	6	1991/92	1991/92	1	6,29	6,29
	7	1994/95	1994/95	1	115,59	115,59
	8	1998/99	1998/99	1	26,09	26,09
28H01	1	1934/35	1934/35	1	57,44	57,44
	2	1943/44	1944/45	2	294,78	147,39
	3	1956/57	1957/58	2	57,88	28,94
	4	1964/65	1964/65	1	27,14	27,14
	5	1966/67	1966/67	1	30,74	30,74
	6	1980/81	1980/81	1	130,54	130,54
	7	1982/83	1982/83	1	102,34	102,34
	8	1991/92	1991/92	1	112,54	112,54
	9	1994/95	1994/95	1	70,74	70,74
	10	1998/99	1998/99	1	101,64	101,64
28I01	1	1933/34	1934/35	2	243,7	121,85
	2	1938/39	1938/39	1	0,8	0,8
	3	1944/45	1944/45	1	160,5	160,5
	4	1964/65	1964/65	1	18,7	18,7
	5	1966/67	1966/67	1	1,7	1,7
	6	1980/81	1980/81	1	43,5	43,5
	7	1982/83	1982/83	1	128,7	128,7
	8	1994/95	1994/95	1	79,8	79,8
	9	1998/99	1998/99	1	138,7	138,7
29G01	1	1932/33	1934/35	3	179,06	59,69
	2	1944/45	1944/45	1	283,15	283,15
	3	1948/49	1948/49	1	89,75	89,75
	4	1980/81	1980/81	1	152,55	152,55
	5	1982/83	1982/83	1	141,85	141,85
	6	1991/92	1991/92	1	6,15	6,15
	7	1994/95	1994/95	1	83,55	83,55
	8	1998/99	1998/99	1	136,45	136,45

Quadro B.1 Secas identificadas pelo método dos chorrilhos, numa escala de tempo anual nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	Seca	Início	Fim	Duração (ano)	Défi ce acum (mm)	Intensidade (mm/ano)
29G02	1	1934/35	1934/35	1	166,66	166,66
	2	1944/45	1944/45	1	170,76	170,76
	3	1964/65	1964/65	1	33,06	33,06
	4	1966/67	1966/67	1	124,86	124,86
	5	1980/81	1982/83	3	204,87	68,29
	6	1991/92	1991/92	1	65,96	65,96
	7	1994/95	1994/95	1	94,16	94,16
	8	1998/99	1998/99	1	66,96	66,96
30E01	1	1943/44	1944/45	2	357,85	178,92
	2	1956/57	1956/57	1	65,72	65,72
	3	1964/65	1964/65	1	88,52	88,52
	4	1980/81	1980/81	1	94,02	94,02
	5	1982/83	1982/83	1	95,62	95,62
	6	1991/92	1991/92	1	40,42	40,42
	7	1994/95	1994/95	1	91,32	91,32
	8	1998/99	1998/99	1	72,72	72,72
30F01	1	1934/35	1934/35	1	199,07	199,07
	2	1943/44	1944/45	2	589,74	294,87
	3	1948/49	1948/49	1	92,67	92,67
	4	1956/57	1956/57	1	21,87	21,87
	5	1966/67	1966/67	1	32,77	32,77
	6	1974/75	1974/75	1	39,97	39,97
	7	1980/81	1980/81	1	197,87	197,87
	8	1982/83	1982/83	1	144,77	144,77
	9	1991/92	1991/92	1	219,97	219,97
	10	1994/95	1994/95	1	235,97	235,97
	11	1998/99	1998/99	1	143,57	143,57
30H03	1	1933/34	1934/35	2	126,36	63,18
	2	1943/44	1944/45	2	298,56	149,28
	3	1956/57	1956/57	1	28,48	28,48
	4	1964/65	1964/65	1	16,08	16,08
	5	1966/67	1966/67	1	81,68	81,68
	6	1980/81	1980/81	1	159,98	159,98
	7	1982/83	1982/83	1	52,58	52,58
	8	1991/92	1991/92	1	83,78	83,78
	9	1994/95	1994/95	1	75,68	75,68
	10	1998/99	1998/99	1	101,48	101,48

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continua)

Posto	16L03						Nº de meses em seca				T ₀ (d)	
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 31/32	SET	33/34	OUT	13	-6,1394	-0,4723	0	0	3	10	0
	2 33/34	NOV	35/36	JAN	26	-20,5749	-0,7913	0	0	6	20	2
	3 38/39	NOV	38/39	ABR	5	-2,7049	-0,5410	0	0	2	3	0
	4 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-31,3827	-1,1208	2	6	5	15	2
	5 48/49	NOV	50/51	MAR	28	-30,9865	-1,1067	4	1	11	12	3
	6 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-19,6367	-0,8538	0	1	6	16	5
	7 56/57	MAR	59/60	NOV	32	-36,3053	-1,1345	1	9	8	14	6
	8 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-9,895	-0,8995	0	0	6	5	3
	9 66/67	ABR	68/69	JAN	21	-13,6919	-0,6520	0	0	2	19	6
	10 70/71	JAN	71/72	FEV	13	-7,4159	-0,5705	0	0	2	11	0
	11 72/73	FEV	76/77	JAN	47	-48,346	-1,0286	1	7	18	21	1
	12 79/80	FEV	82/83	NOV	33	-38,0253	-1,1523	7	6	1	19	8
	13 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-9,5214	-0,7935	0	0	5	7	1
	14 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-28,379	-1,1352	1	1	14	9	3
	15 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-9,3219	-0,6659	0	0	4	10	7
	16 98/99	DEZ	98/99	SET	10	-8,8299	-0,8830	0	0	4	6	5
	Total				341			16	31	97	197	52
Posto	17J01						Nº de meses em seca				T ₀ (d)	
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 31/32	SET	32/33	MAI	8	-4,7182	-0,5898	0	0	3	5	0
	2 32/33	JUL	35/36	JAN	30	-23,5955	-0,7865	0	2	5	23	6
	3 38/39	NOV	38/39	ABR	5	-2,5382	-0,5076	0	0	1	4	1
	4 43/44	DEZ	45/46	ABR	28	-29,0422	-1,0372	2	5	7	14	1
	5 48/49	JAN	49/50	JUN	17	-20,2942	-1,1938	4	1	6	6	1
	6 52/53	FEV	54/55	FEV	24	-20,8904	-0,8704	0	4	7	13	3
	7 64/65	NOV	65/66	DEZ	13	-13,6055	-1,0466	0	3	6	4	1
	8 66/67	JAN	68/69	JAN	24	-19,5222	-0,8134	0	1	4	19	3
	9 69/70	SET	71/72	FEV	17	-8,7294	-0,5135	0	0	2	15	4
	10 73/74	SET	76/77	DEZ	27	-16,7546	-0,6205	0	0	2	25	18
	11 79/80	JAN	82/83	NOV	34	-43,7756	-1,2875	13	1	2	18	2
	12 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-17,7622	-1,4802	1	5	5	1	0
	13 88/89	JUN	89/90	DEZ	6	-6,0981	-1,0164	0	0	4	2	1
	14 90/91	NOV	93/94	OUT	35	-45,7239	-1,3064	3	14	7	11	1
	15 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-9,2216	-0,6587	0	0	5	9	7
	16 98/99	DEZ	98/99	SET	10	-12,1371	-1,2137	0	2	6	2	2
	Total				304			23	38	72	171	51
Posto	17L02						Nº de meses em seca				T ₀ (d)	
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 33/34	DEZ	35/36	JAN	25	-20,8768	-0,8351	0	0	9	16	3
	2 38/39	OUT	39/40	OUT	12	-6,1296	-0,5108	0	2	0	10	1
	3 43/44	JAN	45/46	ABR	27	-31,8217	-1,1786	0	8	9	10	2
	4 48/49	JAN	49/50	MAI	16	-17,2644	-1,0790	0	4	4	8	0
	5 49/50	SET	50/51	ABR	7	-4,5638	-0,6520	0	0	1	6	3
	6 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-20,8553	-0,9068	0	2	9	12	3
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-12,0417	-1,0947	0	3	4	4	3
	8 67/68	OUT	68/69	DEZ	14	-10,1927	-0,7281	0	1	2	11	0
	9 70/71	JAN	71/72	FEV	13	-9,6744	-0,7442	0	0	3	10	0
	10 72/73	FEV	76/77	DEZ	46	-45,4167	-0,9873	0	8	12	26	1
	11 79/80	FEV	82/83	NOV	33	-34,0371	-1,0314	5	8	1	19	8
	12 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-18,6001	-1,5500	3	4	4	1	0
	13 88/89	JUN	89/90	DEZ	6	-5,5113	-0,9186	0	0	4	2	1
	14 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-32,7131	-1,0553	3	4	9	15	7
	15 94/95	JAN	95/96	JAN	12	-12,3763	-1,0314	0	2	5	5	4
	16 98/99	NOV	98/99	SET	11	-17,1148	-1,5559	0	7	3	1	1
	Total				299			11	53	79	156	37

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	17M01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-3,6308	-1,2103	0	0	3	0	0
	2 32/33	AGO	35/36	JAN	29	-25,6374	-0,8840	0	2	13	14	4
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-27,4927	-0,9819	0	7	3	18	14
	4 48/49	JAN	49/50	MAI	16	-15,0264	-0,9392	0	1	5	10	1
	5 52/53	MAR	54/55	JAN	22	-17,7843	-0,8084	0	0	10	12	3
	6 56/57	DEZ	58/59	ABR	28	-23,632	-0,8440	0	0	10	18	9
	7 64/65	NOV	65/66	DEZ	13	-14,9412	-1,1493	0	5	3	5	3
	8 66/67	ABR	68/69	DEZ	20	-10,848	-0,5424	0	0	3	17	6
	9 70/71	DEZ	71/72	FEV	14	-8,3205	-0,5943	0	0	2	12	1
	10 71/72	ABR	76/77	JAN	57	-56,5243	-0,9917	0	7	23	27	2
	11 79/80	FEV	83/84	DEZ	46	-48,7489	-1,0598	2	13	7	24	8
	12 85/86	JAN	87/88	DEZ	23	-14,0796	-0,6122	0	0	3	20	11
	13 88/89	JAN	89/90	DEZ	11	-9,3326	-0,8484	0	0	5	6	5
	14 90/91	NOV	93/94	NOV	36	-38,1049	-1,0585	2	7	10	17	1
	15 94/95	MAI	95/96	DEZ	7	-5,7628	-0,8233	0	0	1	6	6
	16 98/99	DEZ	98/99	SET	10	-9,8804	-0,9880	0	0	5	5	5
	Total				363			4	42	106	211	79
Posto	18G01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 31/32	SET	32/33	MAR	6	-6,6991	-1,1165	1	1	1	3	0
	2 33/34	DEZ	35/36	JAN	25	-36,6682	-1,4667	0	13	9	3	1
	3 37/38	JAN	39/40	OUT	21	-22,4413	-1,0686	2	1	8	10	9
	4 43/44	JAN	45/46	MAR	26	-16,9589	-0,6523	0	0	6	20	15
	5 48/49	JAN	49/50	MAI	16	-17,7011	-1,1063	0	4	7	5	0
	6 52/53	MAI	53/54	AGO	15	-8,0702	-0,5380	0	0	1	14	6
	7 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-7,063	-0,7063	0	0	1	9	8
	8 72/73	JAN	76/77	DEZ	47	-46,1668	-0,9823	1	4	11	31	2
	9 79/80	FEV	81/82	FEV	24	-28,6541	-1,1939	0	10	4	10	8
	10 82/83	OUT	83/84	DEZ	14	-17,3637	-1,2403	0	4	7	3	2
	11 85/86	ABR	87/88	DEZ	20	-11,6066	-0,5803	0	0	1	19	8
	12 88/89	JAN	89/90	DEZ	11	-7,9671	-0,7243	0	0	5	6	5
	13 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-43,5978	-1,2457	4	10	6	15	0
	14 93/94	SET	95/96	JAN	16	-16,9601	-1,0600	0	4	6	6	5
	15 96/97	JAN	97/98	NOV	10	-8,5442	-0,8544	0	0	4	6	2
	16 98/99	NOV	98/99	SET	11	-11,5513	-1,0501	0	2	5	4	3
	Total				307			8	53	82	164	74

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	18M01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 32/33	SET	34/35	DEZ	15	-17,1822	-1,1455	3	1	2	9	3
	2 38/39	OUT	38/39	ABR	6	-4,4352	-0,7392	0	1	1	4	1
	3 43/44	NOV	46/47	FEV	39	-54,1656	-1,3889	9	9	11	10	2
	4 47/48	MAR	49/50	MAI	26	-25,9839	-0,9994	5	2	3	16	10
	5 49/50	SET	50/51	MAR	6	-5,4436	-0,9073	0	0	2	4	2
	6 52/53	NOV	53/54	JUL	20	-16,2411	-0,8121	0	2	3	15	6
	7 53/54	SET	54/55	FEV	5	-3,8747	-0,7749	0	1	1	3	1
	8 56/57	MAR	58/59	DEZ	21	-12,1711	-0,5796	0	0	1	20	20
	9 64/65	FEV	65/66	NOV	9	-7,6238	-0,8471	0	0	3	6	4
	10 67/68	OUT	68/69	DEZ	14	-8,91	-0,6364	0	0	1	13	3
	11 70/71	JAN	71/72	FEV	13	-6,7475	-0,5190	0	0	2	11	0
	12 72/73	FEV	76/77	NOV	45	-28,6613	-0,6369	0	1	9	35	11
	13 80/81	OUT	81/82	FEV	16	-19,7038	-1,2315	1	2	9	4	0
	14 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-15,7734	-1,2133	0	5	6	2	0
	15 88/89	ABR	89/90	DEZ	8	-5,8355	-0,7294	0	0	4	4	3
	16 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-26,3159	-1,0526	2	1	10	12	3
	17 94/95	JAN	95/96	JAN	12	-8,2722	-0,6894	0	0	3	9	4
	18 98/99	NOV	98/99	SET	11	-13,0772	-1,1888	0	3	5	3	1
Total					304			20	28	76	180	74
Posto	19G02				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	JAN	35/36	JAN	24	-24,5568	-1,0232	1	2	9	12	9
	2 38/39	NOV	38/39	ABR	5	-2,9107	-0,5821	0	0	2	3	0
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-40,6105	-1,4504	3	12	6	7	2
	4 47/48	SET	49/50	NOV	14	-10,3441	-0,7389	0	0	6	8	5
	5 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-17,7226	-0,7705	1	2	4	16	2
	6 57/58	ABR	58/59	ABR	12	-5,0651	-0,4221	0	0	1	11	7
	7 61/62	ABR	62/63	FEV	10	-5,2843	-0,5284	0	0	1	9	8
	8 64/65	NOV	65/66	OUT	11	-10,5422	-0,9584	0	0	6	5	1
	9 72/73	FEV	76/77	DEZ	46	-40,8155	-0,8873	3	6	10	27	21
	10 79/80	FEV	81/82	JAN	23	-27,9246	-1,2141	1	10	3	9	8
	11 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-18,9788	-1,5816	2	5	4	1	0
	12 88/89	JAN	89/90	DEZ	11	-6,643	-0,6039	0	0	4	7	6
	13 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-48,187	-1,3768	5	12	3	15	1
	14 93/94	SET	95/96	DEZ	15	-19,8695	-1,3246	2	4	4	5	5
	15 98/99	DEZ	98/99	SET	10	-13,2506	-1,3251	0	4	3	3	2
Total					279			18	57	66	138	77
Posto	19J03				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	JAN	40	-53,8399	-1,3460	7	8	12	13	2
	2 36/37	JAN	40/41	FEV	49	-55,6808	-1,1363	0	9	22	18	3
	3 41/42	JAN	42/43	DEZ	11	-8,2577	-0,7507	0	0	1	10	1
	4 43/44	NOV	45/46	DEZ	25	-18,9607	-0,7584	0	0	7	18	4
	5 48/49	FEV	49/50	FEV	12	-7,7003	-0,6417	0	0	4	8	3
	6 52/53	ABR	54/55	JAN	21	-16,5919	-0,7901	0	0	6	15	5
	7 67/68	OUT	68/69	NOV	13	-9,1796	-0,7061	0	0	1	12	3
	8 70/71	JAN	71/72	MAR	14	-9,757	-0,6969	0	0	3	11	0
	9 73/74	MAI	76/77	OUT	29	-20,5842	-0,7098	0	3	4	22	6
	10 79/80	JAN	82/83	NOV	34	-34,8947	-1,0263	4	6	5	19	9
	11 82/83	DEZ	83/84	NOV	11	-10,5631	-0,9603	0	3	2	6	0
	12 90/91	ABR	95/96	JAN	57	-56,1249	-0,9846	3	6	23	25	7
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-13,8686	-1,2608	0	2	8	1	1
Total					327			14	37	98	178	44

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	19L01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 33/34	MAI	35/36	JAN	20	-13,8697	-0,6935	0	0	7	13	6
	2 38/39	NOV	38/39	ABR	5	-2,3187	-0,4637	0	0	2	3	0
	3 43/44	DEZ	45/46	MAR	27	-34,4277	-1,2751	0	10	9	8	1
	4 48/49	JAN	49/50	MAI	16	-17,0681	-1,0668	0	4	4	8	1
	5 49/50	SET	50/51	MAR	6	-4,6347	-0,7725	0	0	2	4	2
	6 52/53	MAR	54/55	JAN	22	-11,3744	-0,5170	0	0	2	20	6
	7 56/57	MAR	58/59	DEZ	21	-11,4628	-0,5458	0	0	1	20	20
	8 64/65	FEV	65/66	JAN	11	-12,0879	-1,0989	0	3	3	5	2
	9 66/67	ABR	68/69	JAN	21	-15,8034	-0,7525	0	1	6	14	8
	10 70/71	NOV	70/71	MAI	6	-3,5587	-0,5931	0	0	2	4	2
	11 71/72	ABR	76/77	DEZ	56	-46,5809	-0,8318	0	4	15	37	1
	12 79/80	FEV	81/82	FEV	24	-22,8	-0,9500	0	6	6	12	10
	13 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-17,7848	-1,3681	2	3	6	2	0
	14 85/86	NOV	89/90	DEZ	49	-39,3314	-0,8027	0	1	15	33	2
	15 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-44,1264	-1,2608	4	12	7	12	1
	16 94/95	JAN	95/96	DEZ	11	-9,8158	-0,8923	0	0	6	5	4
	17 98/99	NOV	98/99	SET	11	-11,9314	-1,0847	0	0	7	4	1
	Total				354			6	44	100	204	67
Posto	19L02				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 31/32	SET	33/34	OUT	13	-7,5272	-0,5790	0	0	1	12	2
	2 33/34	DEZ	35/36	FEV	26	-26,2014	-1,0077	0	7	8	11	10
	3 37/38	MAR	39/40	OUT	19	-10,9486	-0,5762	2	0	1	16	8
	4 41/42	JAN	42/43	DEZ	11	-6,3385	-0,5762	0	0	1	10	1
	5 43/44	DEZ	45/46	MAI	29	-44,2742	-1,5267	5	11	10	3	1
	6 48/49	JAN	50/51	FEV	25	-29,6881	-1,1875	1	6	8	10	1
	7 52/53	ABR	53/54	DEZ	8	-5,7972	-0,7247	0	0	4	4	2
	8 53/54	SET	55/56	OUT	13	-8,1397	-0,6261	0	1	2	10	1
	9 64/65	NOV	65/66	OUT	11	-10,1413	-0,9219	0	0	4	7	3
	10 70/71	JAN	72/73	OUT	21	-23,5587	-1,1218	0	4	11	6	0
	11 72/73	FEV	76/77	OUT	44	-29,2381	-0,6645	0	2	8	34	8
	12 79/80	FEV	82/83	NOV	33	-29,1753	-0,8841	1	10	3	19	8
	13 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-16,8793	-1,2984	1	4	5	3	1
	14 85/86	JAN	87/88	NOV	22	-17,5167	-0,7962	0	3	3	16	3
	15 88/89	DEZ	89/90	NOV	11	-8,4889	-0,7717	0	0	4	7	6
	16 90/91	SET	93/94	NOV	26	-23,5831	-0,9070	1	2	5	18	5
	17 93/94	JUL	95/96	JAN	18	-20,8744	-1,1597	2	5	3	8	7
	18 98/99	NOV	98/99	SET	11	-6,0365	-0,5488	0	0	1	10	1
	Total				354			13	55	82	204	68

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	19M01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 31/32	SET	35/36	JAN	40	-41,8601	-1,0465	1	9	10	20	0
	2 38/39	NOV	39/40	OUT	11	-6,6506	-0,6046	0	0	2	9	0
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-34,0442	-1,2159	2	7	9	10	3
	4 47/48	SET	50/51	JAN	28	-21,4525	-0,7662	0	5	2	21	5
	5 52/53	JAN	55/56	DEZ	35	-29,2281	-0,8351	1	6	2	26	4
	6 57/58	ABR	58/59	DEZ	8	-3,0706	-0,3838	0	0	1	7	7
	7 66/67	SET	68/69	NOV	14	-7,6757	-0,5483	0	0	1	13	4
	8 71/72	ABR	72/73	NOV	7	-5,4312	-0,7759	0	0	3	4	2
	9 72/73	SET	76/77	NOV	38	-30,3642	-0,7991	0	1	8	29	3
	10 79/80	FEV	83/84	DEZ	46	-52,8158	-1,1482	4	9	20	13	8
	11 88/89	DEZ	89/90	NOV	11	-9,2587	-0,8417	0	0	3	8	1
	12 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-33,4037	-1,3361	4	6	8	7	1
	13 94/95	OUT	95/96	JAN	15	-18,3827	-1,2255	2	5	0	8	7
	14 98/99	NOV	98/99	SET	11	-11,1584	-1,0144	0	0	6	5	1
Total					317			14	48	75	180	46
Posto	19N01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 34/35	OUT	35/36	JAN	15	-13,4458	-0,8964	0	0	8	7	1
	2 38/39	NOV	38/39	JUN	7	-2,9601	-0,4229	0	0	2	5	0
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-26,2368	-0,9370	3	3	5	17	2
	4 47/48	MAR	49/50	MAR	24	-20,7085	-0,8629	2	6	0	16	10
	5 52/53	FEV	54/55	FEV	24	-25,307	-1,0545	1	5	7	11	3
	6 70/71	JUN	72/73	DEZ	18	-11,0465	-0,6137	0	0	5	13	11
	7 72/73	JAN	76/77	JAN	48	-51,413	-1,0711	1	5	26	16	2
	8 79/80	FEV	83/84	JAN	47	-57,0695	-1,2142	6	17	2	22	8
	9 85/86	OUT	87/88	DEZ	26	-13,8156	-0,5314	0	0	1	25	14
	10 88/89	DEZ	89/90	DEZ	12	-11,2617	-0,9385	0	0	6	6	1
	11 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-34,5318	-0,9866	1	2	17	15	0
	12 93/94	SET	95/96	JAN	16	-20,1601	-1,2600	1	6	3	6	5
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-14,2641	-1,2967	0	4	6	1	1
Total					311			15	48	88	160	58
Posto	20I01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 31/32	SET	35/36	FEV	41	-40,3241	-0,9835	4	6	9	22	0
	2 37/38	JAN	38/39	FEV	13	-5,6526	-0,4348	0	1	1	11	10
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-42,1174	-1,5042	6	10	8	4	2
	4 48/49	JAN	50/51	MAR	26	-25,1597	-0,9677	1	4	6	15	1
	5 52/53	MAI	55/56	DEZ	31	-21,3281	-0,6880	0	0	3	28	8
	6 57/58	FEV	58/59	MAI	15	-10,0677	-0,6712	0	1	2	12	7
	7 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-8,0739	-0,8074	0	0	3	7	4
	8 70/71	NOV	71/72	FEV	15	-6,3405	-0,4227	0	0	3	12	2
	9 73/74	MAI	76/77	NOV	30	-16,5702	-0,5523	0	0	4	26	7
	10 79/80	FEV	81/82	JAN	23	-22,9451	-0,9976	0	7	6	10	8
	11 82/83	DEZ	83/84	NOV	11	-10,9453	-0,9950	0	2	2	7	1
	12 88/89	DEZ	89/90	DEZ	12	-11,5529	-0,9627	0	0	7	5	1
	13 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-31,9404	-1,0303	2	5	11	13	7
	14 93/94	ABR	95/96	DEZ	20	-24,8447	-1,2422	5	4	4	7	7
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-11,2929	-1,0266	0	0	6	5	3
Total					317			18	40	75	184	68

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	20L01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	JAN	40	-28,1557	-0,7039	0	0	11	29	0
	2 37/38	MAR	38/39	JAN	10	-3,5216	-0,3522	0	0	1	9	8
	3 43/44	MAR	45/46	MAI	26	-27,9324	-1,0743	0	3	14	9	6
	4 48/49	JAN	50/51	MAR	26	-24,6798	-0,9492	1	4	7	14	1
	5 52/53	MAI	55/56	DEZ	31	-19,376	-0,6250	0	0	3	28	4
	6 56/57	DEZ	57/58	MAR	15	-10,2686	-0,6846	0	0	2	13	4
	7 66/67	JAN	68/69	JAN	24	-35,9921	-1,4997	3	11	5	5	3
	8 70/71	NOV	76/77	NOV	72	-63,4529	-0,8813	0	7	21	44	2
	9 79/80	FEV	81/82	FEV	24	-33,2334	-1,3847	9	5	0	10	8
	10 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-13,6112	-1,0470	0	3	5	5	0
	11 85/86	JAN	86/87	AGO	19	-11,3706	-0,5985	0	0	1	18	7
	12 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-22,5228	-0,9009	1	1	6	17	4
	13 93/94	SET	95/96	DEZ	15	-16,392	-1,0928	0	2	7	6	5
	14 98/99	NOV	98/99	SET	11	-15,3082	-1,3917	0	5	5	1	1
	Total				351			14	41	88	208	53
Posto	20001				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	ABR	43	-40,186	-0,9346	0	2	15	26	1
	2 37/38	JAN	39/40	OUT	21	-20,1067	-0,9575	2	0	5	14	9
	3 43/44	MAR	45/46	MAI	26	-25,3924	-0,9766	0	1	12	13	6
	4 48/49	OUT	49/50	FEV	16	-12,8998	-0,8062	0	1	6	9	4
	5 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-18,9597	-0,8243	0	1	6	16	6
	6 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-6,3137	-0,6314	0	0	2	8	7
	7 70/71	JAN	72/73	NOV	22	-11,9098	-0,5414	0	0	1	21	19
	8 72/73	FEV	76/77	OUT	44	-28,9048	-0,6569	0	0	6	38	10
	9 79/80	FEV	81/82	JAN	23	-25,1542	-1,0937	1	6	7	9	8
	10 82/83	DEZ	83/84	MAI	17	-21,3079	-1,2534	3	7	1	6	0
	11 85/86	NOV	87/88	DEZ	25	-15,3572	-0,6143	0	0	4	21	6
	12 90/91	ABR	95/96	JAN	57	-55,1557	-0,9676	2	5	21	29	7
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-12,5774	-1,1434	0	0	7	4	1
	Total				338			8	23	93	214	84
Posto	21F01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-2,4823	-0,8274	0	0	1	2	2
	2 33/34	MAI	35/36	FEV	21	-21,4845	-1,0231	0	3	11	7	5
	3 38/39	NOV	39/40	OUT	11	-4,5279	-0,4116	0	0	2	9	0
	4 43/44	DEZ	45/46	MAI	29	-43,1254	-1,4871	1	17	6	5	1
	5 48/49	JAN	51/52	NOV	34	-21,1995	-0,6235	0	1	5	28	4
	6 52/53	MAR	55/56	DEZ	33	-17,5098	-0,5306	1	0	5	27	3
	7 56/57	DEZ	58/59	JAN	25	-27,985	-1,1194	0	3	17	5	1
	8 64/65	DEZ	65/66	JAN	13	-16,7482	-1,2883	0	7	2	4	0
	9 66/67	JAN	68/69	NOV	22	-9,8336	-0,4470	0	0	1	21	12
	10 70/71	DEZ	71/72	FEV	14	-6,6995	-0,4785	0	0	2	12	1
	11 71/72	ABR	72/73	OUT	6	-4,4415	-0,7403	0	0	2	4	2
	12 73/74	SET	76/77	JAN	28	-22,0144	-0,7862	0	1	6	21	4
	13 79/80	FEV	81/82	JAN	23	-23,967	-1,0420	0	4	7	12	8
	14 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-17,2371	-1,4364	0	6	5	1	0
	15 91/92	DEZ	93/94	OUT	22	-23,3485	-1,0613	0	2	10	10	2
	16 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-21,2543	-1,5182	2	4	6	2	1
	17 98/99	NOV	98/99	SET	11	-21,486	-1,9533	6	4	0	1	1
	Total				321			10	52	88	171	47

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	21G02				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	MAR	6	-3,6611	-0,6102	0	0	2	4	1
	2 33/34	JUN	35/36	JAN	19	-13,9996	-0,7368	0	0	4	15	5
	3 38/39	OUT	38/39	MAR	5	-2,0301	-0,4060	0	0	1	4	1
	4 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-47,981	-1,7136	10	11	4	3	1
	5 48/49	JAN	49/50	NOV	10	-10,9592	-1,0959	0	1	6	3	1
	6 52/53	NOV	55/56	DEZ	37	-27,8533	-0,7528	0	2	8	27	6
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-9,4871	-0,8625	0	0	6	5	4
	8 67/68	OUT	68/69	NOV	13	-5,5331	-0,4256	0	0	2	11	0
	9 70/71	JAN	70/71	MAI	4	-3,4113	-0,8528	0	0	2	2	0
	10 71/72	ABR	72/73	NOV	7	-4,9541	-0,7077	0	0	2	5	2
	11 73/74	MAI	76/77	JAN	32	-25,8819	-0,8088	0	1	9	22	7
	12 79/80	AGO	82/83	NOV	27	-28,5285	-1,0566	1	6	6	14	2
	13 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-14,1744	-1,1812	0	3	4	5	0
	14 85/86	JAN	86/87	ABR	15	-11,266	-0,7511	0	0	5	10	3
	15 88/89	DEZ	89/90	DEZ	12	-12,5118	-1,0427	0	3	4	5	1
	16 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-43,5692	-1,4055	6	11	6	8	7
	17 93/94	SET	95/96	JAN	16	-15,8839	-0,9927	0	2	7	7	5
	18 98/99	NOV	98/99	SET	11	-13,0801	-1,1891	0	0	8	3	1
Total					296			17	40	86	153	47
Posto	21J02				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 34/35	OUT	35/36	JAN	15	-9,9759	-0,6651	0	0	1	14	6
	2 38/39	OUT	38/39	JAN	3	-2,581	-0,8603	0	0	1	2	1
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-37,4041	-1,3359	6	4	9	9	2
	4 47/48	AGO	49/50	MAR	19	-13,5166	-0,7114	0	1	6	12	6
	5 52/53	JAN	54/55	FEV	25	-19,3918	-0,7757	0	0	10	15	5
	6 56/57	SET	58/59	DEZ	15	-7,205	-0,4803	0	0	1	14	14
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-8,6345	-0,7850	0	0	2	9	7
	8 66/67	ABR	68/69	NOV	19	-10,035	-0,5282	0	1	2	16	6
	9 70/71	OUT	71/72	MAR	17	-7,4465	-0,4380	0	0	3	14	3
	10 71/72	ABR	76/77	DEZ	56	-48,0153	-0,8574	0	6	18	32	1
	11 79/80	FEV	81/82	FEV	24	-34,841	-1,4517	9	5	0	10	8
	12 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-17,3551	-1,1570	0	3	8	4	0
	13 84/85	JUN	87/88	DEZ	30	-18,3251	-0,6108	0	0	3	27	7
	14 90/91	MAI	92/93	DEZ	19	-22,2752	-1,1724	5	2	4	8	5
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-32,508	-2,9553	10	1	0	0	0
Total					307			30	23	68	186	71
Posto	21K01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	DEZ	35/36	FEV	26	-21,5884	-0,8303	0	6	2	18	16
	2 38/39	OUT	38/39	MAR	5	-2,7959	-0,5592	0	0	2	3	1
	3 43/44	MAR	45/46	MAI	26	-31,3279	-1,2049	2	6	7	11	6
	4 48/49	OUT	49/50	MAI	19	-19,3283	-1,0173	3	4	2	10	3
	5 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-14,7193	-0,6400	0	1	1	21	19
	6 56/57	JAN	58/59	MAR	26	-13,8661	-0,5333	0	0	2	24	9
	7 73/74	OUT	75/76	DEZ	26	-18,5259	-0,7125	0	0	3	23	14
	8 79/80	JAN	84/85	FEV	61	-73,0694	-1,1979	7	15	15	24	9
	9 84/85	MAR	87/88	JAN	34	-22,7064	-0,6678	0	0	8	26	10
	10 87/88	SET	89/90	NOV	14	-7,1897	-0,5136	0	0	1	13	4
	11 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-26,7064	-1,0683	1	2	12	10	1
	12 93/94	SET	95/96	DEZ	15	-16,9727	-1,1315	0	1	11	3	2
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-20,7699	-1,8882	4	6	0	1	1
Total					311			17	41	66	187	95

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	21M01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 31/32	SET	32/33	MAI	8	-4,3189	-0,5399	0	0	2	6	1
	2 32/33	AGO	35/36	JAN	29	-30,5077	-1,0520	0	9	7	13	5
	3 37/38	MAR	38/39	SET	18	-14,2254	-0,7903	2	0	1	15	8
	4 41/42	JAN	42/43	OUT	9	-5,9267	-0,6585	0	0	1	8	1
	5 43/44	NOV	45/46	MAI	30	-39,1228	-1,3041	0	16	7	7	4
	6 48/49	JAN	50/51	FEV	25	-13,1944	-0,5278	0	0	4	21	4
	7 51/52	JAN	54/55	FEV	37	-25,831	-0,6981	1	5	3	28	2
	8 64/65	NOV	65/66	NOV	12	-11,7731	-0,9811	0	0	8	4	3
	9 66/67	JAN	68/69	NOV	22	-12,3954	-0,5634	0	0	1	21	12
	10 69/70	SET	71/72	FEV	17	-12,0486	-0,7087	0	0	4	13	4
	11 72/73	FEV	76/77	DEZ	46	-31,5536	-0,6859	0	0	7	39	10
	12 79/80	ABR	82/83	NOV	31	-26,7365	-0,8625	1	4	8	18	6
	13 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-15,9448	-1,2265	0	4	7	2	0
	14 85/86	NOV	87/88	DEZ	25	-13,8076	-0,5523	0	0	1	24	13
	15 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-27,7168	-0,8941	1	3	11	16	7
	16 93/94	SET	95/96	JAN	16	-18,8887	-1,1805	0	6	4	6	5
	17 98/99	DEZ	98/99	SET	10	-9,1097	-0,9110	0	0	5	5	5
	Total				379			5	47	81	246	90
Posto	21M02				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 32/33	SET	35/36	JAN	28	-33,3834	-1,1923	1	9	5	13	3
	2 36/37	ABR	40/41	OUT	42	-50,1648	-1,1944	5	16	4	17	9
	3 43/44	DEZ	45/46	DEZ	24	-25,9809	-1,0825	1	2	12	9	1
	4 48/49	JAN	49/50	FEV	13	-13,2022	-1,0156	0	4	2	7	1
	5 52/53	MAR	55/56	NOV	32	-23,1979	-0,7249	1	2	1	28	18
	6 56/57	DEZ	58/59	DEZ	24	-19,3604	-0,8067	0	0	7	17	3
	7 64/65	FEV	65/66	OUT	8	-6,7962	-0,8495	0	0	2	6	5
	8 73/74	OUT	76/77	OUT	36	-17,6319	-0,4898	0	0	1	35	29
	9 80/81	OUT	81/82	JAN	15	-20,3807	-1,3587	1	4	9	1	0
	10 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-11,6903	-0,9742	0	0	7	5	1
	11 88/89	DEZ	88/89	MAI	5	-3,5687	-0,7137	0	0	1	4	1
	12 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-33,7802	-1,0897	2	5	10	14	7
	13 93/94	JUN	95/96	JAN	19	-24,9947	-1,3155	6	3	4	6	5
	14 98/99	NOV	98/99	SET	11	-14,9993	-1,3636	0	5	3	3	1
	Total				300			17	50	68	165	84

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	22E01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	FEV	41	-37,3096	-0,9100	1	4	10	26	0
	2 38/39	NOV	39/40	OUT	11	-6,1143	-0,5558	0	1	1	9	0
	3 41/42	JAN	42/43	OUT	9	-4,1655	-0,4628	0	0	2	7	0
	4 43/44	NOV	45/46	ABR	29	-44,366	-1,5299	6	15	2	6	2
	5 48/49	JAN	49/50	MAI	16	-23,8333	-1,4896	4	4	2	6	1
	6 54/55	OUT	54/55	FEV	4	-1,381	-0,3453	0	0	1	3	2
	7 56/57	JAN	57/58	JAN	12	-9,5894	-0,7991	0	0	3	9	8
	8 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-14,0029	-1,2730	0	4	4	3	2
	9 66/67	ABR	68/69	JAN	21	-12,0392	-0,5733	0	0	3	18	6
	10 70/71	JAN	71/72	FEV	13	-7,721	-0,5939	0	0	3	10	0
	11 73/74	OUT	73/74	ABR	6	-3,1944	-0,5324	0	0	1	5	2
	12 73/74	MAI	76/77	JAN	32	-19,9046	-0,6220	0	0	6	26	8
	13 79/80	FEV	81/82	JAN	23	-30,383	-1,3210	3	9	2	9	8
	14 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-16,5167	-1,3764	1	3	7	1	0
	15 85/86	JAN	87/88	DEZ	23	-9,6719	-0,4205	0	0	1	22	11
	16 91/92	NOV	93/94	NOV	24	-24,5695	-1,0237	0	3	11	10	3
	17 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-18,8218	-1,3444	2	4	3	5	4
	18 98/99	NOV	98/99	SET	11	-20,6376	-1,8761	5	4	1	1	1
Total					312			22	51	63	176	58
Posto	22H01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	JAN	4	-3,486	-0,8715	0	0	2	2	1
	2 33/34	MAI	35/36	JAN	20	-11,8035	-0,5902	0	0	2	18	11
	3 38/39	OUT	38/39	JAN	3	-2,8295	-0,9432	0	0	2	1	1
	4 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-42,5282	-1,5189	7	8	9	4	2
	5 47/48	MAR	49/50	MAI	26	-18,4889	-0,7111	0	4	4	18	11
	6 52/53	NOV	53/54	MAR	16	-9,3036	-0,5815	0	0	4	12	6
	7 53/54	ABR	54/55	FEV	10	-4,6671	-0,4667	0	1	1	8	6
	8 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-8,205	-0,7459	0	0	4	7	5
	9 70/71	DEZ	71/72	MAR	15	-13,024	-0,8683	0	1	4	10	1
	10 71/72	ABR	72/73	OUT	6	-4,6816	-0,7803	0	0	1	5	4
	11 73/74	OUT	76/77	JAN	39	-34,7931	-0,8921	0	4	9	26	2
	12 79/80	FEV	83/84	DEZ	46	-58,3246	-1,2679	2	18	11	15	8
	13 90/91	DEZ	93/94	JAN	37	-42,6124	-1,1517	1	10	15	11	0
	14 93/94	AGO	95/96	DEZ	16	-20,3648	-1,2728	1	6	3	6	5
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-17,3289	-1,5754	0	7	3	1	1
Total					288			11	59	74	144	64
Posto	22J01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	DEZ	35/36	JAN	25	-19,371	-0,7748	0	1	8	16	11
	2 38/39	NOV	38/39	JAN	2	-1,955	-0,9775	0	0	1	1	0
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-34,6066	-1,2360	2	4	15	7	2
	4 48/49	NOV	49/50	MAI	18	-16,0396	-0,8911	0	5	2	11	3
	5 52/53	MAI	54/55	FEV	21	-21,3523	-1,0168	0	2	10	9	4
	6 56/57	JAN	58/59	MAR	26	-21,5593	-0,8292	0	1	9	16	3
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-7,8652	-0,7150	0	0	2	9	7
	8 66/67	ABR	68/69	NOV	19	-8,2002	-0,4316	0	0	1	18	9
	9 72/73	FEV	76/77	JAN	47	-41,3506	-0,8798	0	3	12	32	8
	10 79/80	FEV	83/84	MAR	49	-52,3647	-1,0687	1	13	12	23	8
	11 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-41,6301	-1,1894	2	12	8	13	10
	12 93/94	ABR	95/96	DEZ	20	-20,0423	-1,0021	1	3	8	8	7
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-19,3048	-1,7550	5	3	2	1	1
Total					312			11	47	90	164	73

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	23E01			Nº de meses em seca							T ₀ (d)	
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 31/32	SET	32/33	JAN	4	-3,857	-0,9643	0	0	2	2	1
	2 33/34	JAN	35/36	MAR	26	-51,0394	-1,9631	13	2	5	6	4
	3 37/38	JAN	39/40	NOV	22	-8,5369	-0,3880	0	0	2	20	10
	4 43/44	OUT	45/46	MAI	31	-49,1329	-1,5849	9	13	3	6	3
	5 48/49	NOV	49/50	FEV	15	-10,2303	-0,6820	0	0	5	10	3
	6 54/55	OUT	55/56	NOV	13	-5,1137	-0,3934	0	0	1	12	2
	7 56/57	DEZ	58/59	DEZ	24	-21,5937	-0,8997	0	1	9	14	4
	8 60/61	MAI	62/63	ABR	23	-14,3686	-0,6247	1	1	1	20	18
	9 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-10,9976	-1,0998	0	2	4	4	4
	10 66/67	JAN	68/69	NOV	22	-11,8205	-0,5373	0	0	2	20	9
	11 73/74	JUL	75/76	DEZ	17	-8,5023	-0,5001	0	0	1	16	6
	12 75/76	FEV	76/77	DEZ	10	-7,0736	-0,7074	0	0	2	8	4
	13 79/80	FEV	82/83	NOV	33	-19,3796	-0,5873	0	1	2	30	8
	14 82/83	DEZ	83/84	NOV	11	-13,2123	-1,2011	0	1	9	1	1
	15 91/92	NOV	93/94	OUT	23	-21,5557	-0,9372	0	3	9	11	3
	16 94/95	JAN	95/96	DEZ	11	-8,81	-0,8009	0	1	4	6	5
	17 98/99	NOV	98/99	SET	11	-18,7971	-1,7088	5	3	2	1	1
	Total				306			28	28	63	187	86
Posto	23G01			Nº de meses em seca							T ₀ (d)	
Seca	Início	Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses	
	1 31/32	SET	32/33	JAN	4	-4,2287	-1,0572	0	1	1	2	1
	2 33/34	JAN	35/36	MAR	26	-26,777	-1,0299	1	3	11	11	9
	3 38/39	OUT	39/40	OUT	12	-8,3664	-0,6972	1	1	0	10	1
	4 43/44	DEZ	45/46	MAI	29	-52,4379	-1,8082	14	10	1	4	2
	5 48/49	OUT	49/50	MAI	19	-18,4455	-0,9708	1	3	5	10	4
	6 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-18,5808	-0,8079	0	1	6	16	3
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-14,0048	-1,2732	0	5	3	3	2
	8 66/67	ABR	68/69	NOV	19	-8,0491	-0,4236	0	0	1	18	9
	9 70/71	JAN	70/71	MAI	4	-3,1978	-0,7995	0	0	2	2	0
	10 73/74	MAI	76/77	NOV	30	-15,8035	-0,5268	0	0	3	27	7
	11 79/80	JUL	81/82	JAN	18	-17,5916	-0,9773	0	1	10	7	6
	12 82/83	DEZ	83/84	NOV	11	-12,2738	-1,1158	0	2	3	6	1
	13 90/91	SET	93/94	NOV	26	-31,6705	-1,2181	2	4	11	9	2
	14 93/94	SET	95/96	DEZ	15	-16,7373	-1,1158	0	5	4	6	5
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-20,596	-1,8724	5	4	1	1	1
	Total				258			24	40	62	132	53

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	24F01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-3,3654	-1,1218	0	0	3	0	0
	2 33/34	MAI	35/36	JAN	20	-14,5138	-0,7257	0	0	3	17	5
	3 38/39	OUT	38/39	JAN	3	-2,4585	-0,8195	0	0	2	1	1
	4 43/44	JAN	45/46	MAR	26	-33,0672	-1,2718	1	9	11	5	2
	5 48/49	FEV	49/50	MAR	13	-9,4037	-0,7234	0	0	4	9	3
	6 52/53	MAR	53/54	MAR	12	-7,1234	-0,5936	0	0	2	10	5
	7 56/57	DEZ	57/58	JAN	13	-11,3551	-0,8735	0	0	4	9	4
	8 61/62	ABR	62/63	FEV	10	-6,8599	-0,6860	0	0	1	9	8
	9 64/65	DEZ	65/66	JAN	13	-12,1463	-0,9343	0	3	5	5	2
	10 66/67	JAN	69/70	JAN	36	-26,1125	-0,7253	0	1	6	29	12
	11 70/71	NOV	71/72	FEV	15	-11,5656	-0,7710	0	3	0	12	2
	12 72/73	FEV	73/74	ABR	14	-9,1786	-0,6556	0	1	2	11	8
	13 73/74	JUL	76/77	JAN	30	-24,3506	-0,8117	0	0	14	16	6
	14 79/80	FEV	83/84	DEZ	46	-58,805	-1,2784	7	12	10	17	2
	15 88/89	DEZ	88/89	MAI	5	-2,5968	-0,5194	0	0	1	4	1
	16 91/92	NOV	93/94	NOV	24	-28,3478	-1,1812	1	8	6	9	3
	17 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-22,3054	-1,5932	4	5	3	2	1
	18 98/99	NOV	98/99	SET	11	-17,9124	-1,6284	1	9	0	1	1
	Total				308			14	51	77	166	66
Posto	24H01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-2,345	-0,7817	0	0	1	2	2
	2 33/34	DEZ	35/36	FEV	26	-22,6386	-0,8707	0	2	5	19	3
	3 43/44	DEZ	45/46	MAI	29	-44,7626	-1,5435	8	7	10	4	2
	4 48/49	FEV	49/50	MAI	15	-14,1852	-0,9457	1	3	2	9	2
	5 56/57	DEZ	58/59	DEZ	24	-17,0425	-0,7101	0	0	5	19	1
	6 61/62	OUT	61/62	MAR	5	-3,4971	-0,6994	0	0	1	4	2
	7 64/65	FEV	65/66	NOV	9	-6,6387	-0,7376	0	0	3	6	5
	8 66/67	JAN	67/68	MAR	14	-9,4308	-0,6736	0	0	2	12	3
	9 70/71	NOV	71/72	FEV	15	-7,2911	-0,4861	0	0	3	12	2
	10 71/72	ABR	72/73	OUT	6	-5,6895	-0,9483	0	0	4	2	2
	11 72/73	FEV	76/77	JAN	47	-46,247	-0,9840	0	8	15	24	8
	12 79/80	JAN	81/82	FEV	25	-21,7968	-0,8719	1	0	11	13	9
	13 81/82	ABR	83/84	DEZ	20	-24,2524	-1,2126	3	7	1	9	8
	14 88/89	DEZ	89/90	DEZ	12	-7,6228	-0,6352	0	0	2	10	7
	15 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-35,9896	-1,4396	3	10	5	7	1
	16 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-18,5723	-1,3266	1	5	5	3	1
	17 98/99	NOV	98/99	SET	11	-11,2554	-1,0232	0	0	6	5	1
	Total				300			17	42	81	160	59

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	24I01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-3,0378	-1,0126	0	0	2	1	1
	2 33/34	DEZ	35/36	FEV	26	-20,0287	-0,7703	0	0	6	20	10
	3 38/39	OUT	38/39	FEV	4	-2,898	-0,7245	0	0	2	2	1
	4 43/44	DEZ	45/46	MAI	29	-39,1979	-1,3517	2	11	10	6	2
	5 48/49	JAN	49/50	MAI	16	-12,1953	-0,7622	0	0	5	11	4
	6 49/50	SET	50/51	FEV	5	-2,7782	-0,5556	0	0	1	4	3
	7 52/53	ABR	54/55	FEV	22	-12,4881	-0,5676	0	0	3	19	18
	8 56/57	JAN	57/58	MAR	14	-10,0666	-0,7190	0	0	4	10	3
	9 64/65	FEV	65/66	OUT	8	-5,5281	-0,6910	0	0	2	6	5
	10 66/67	JAN	68/69	NOV	22	-12,4369	-0,5653	0	0	1	21	12
	11 70/71	JAN	71/72	FEV	13	-7,6929	-0,5918	0	0	3	10	0
	12 71/72	ABR	72/73	DEZ	8	-5,0911	-0,6364	0	0	1	7	4
	13 72/73	FEV	76/77	JAN	47	-47,9599	-1,0204	0	7	16	24	1
	14 80/81	OUT	84/85	JAN	51	-59,3965	-1,1646	11	1	14	25	0
	15 88/89	DEZ	89/90	NOV	11	-6,5191	-0,5926	0	0	2	9	7
	16 91/92	OUT	93/94	OUT	24	-32,4666	-1,3528	4	5	7	8	1
	17 93/94	SET	95/96	DEZ	15	-19,1472	-1,2765	0	7	3	5	4
	18 98/99	NOV	98/99	SET	11	-15,8814	-1,4438	0	6	4	1	1
Total					329			17	37	86	189	77
Posto	24J03				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 33/34	NOV	35/36	JAN	26	-19,1871	-0,7380	0	0	5	21	2
	2 38/39	OUT	38/39	MAR	5	-2,337	-0,4674	0	0	1	4	1
	3 43/44	JAN	45/46	MAI	28	-26,485	-0,9459	0	2	9	17	2
	4 48/49	FEV	49/50	MAI	15	-13,4176	-0,8945	0	4	2	9	3
	5 52/53	JAN	55/56	MAR	38	-67,0691	-1,7650	19	8	4	7	4
	6 56/57	JAN	59/60	NOV	34	-37,9634	-1,1166	1	2	18	13	3
	7 64/65	NOV	65/66	OUT	11	-10,6893	-0,9718	0	0	8	3	3
	8 70/71	NOV	70/71	MAI	6	-3,561	-0,5935	0	0	2	4	3
	9 71/72	ABR	72/73	DEZ	8	-5,5564	-0,6946	0	0	3	5	2
	10 72/73	JAN	75/76	DEZ	35	-23,6076	-0,6745	0	1	7	27	10
	11 79/80	JUL	82/83	NOV	28	-25,9998	-0,9286	1	10	3	14	3
	12 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-16,0997	-1,2384	0	4	6	3	1
	13 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-25,5322	-0,8236	1	2	8	20	10
	14 93/94	SET	95/96	JAN	16	-16,2596	-1,0162	0	4	4	8	5
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-11,9228	-1,0839	0	1	6	4	1
Total					305			22	38	86	159	53
Posto	24N01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	1 31/32	SET	35/36	JAN	40	-29,6182	-0,7405	0	1	9	30	16
	2 38/39	OUT	39/40	OUT	12	-5,0003	-0,4167	0	0	2	10	1
	3 43/44	DEZ	45/46	ABR	28	-28,8553	-1,0305	3	2	9	14	4
	4 48/49	OUT	51/52	NOV	37	-23,7057	-0,6407	0	2	8	27	4
	5 53/54	MAI	54/55	FEV	9	-4,4	-0,4889	0	0	2	7	5
	6 56/57	MAR	58/59	DEZ	21	-21,3042	-1,0145	0	0	13	8	6
	7 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-7,193	-0,7193	0	0	3	7	6
	8 71/72	ABR	76/77	OUT	54	-44,5612	-0,8252	0	2	16	36	1
	9 79/80	FEV	81/82	SET	31	-32,7039	-1,0550	1	9	4	17	8
	10 82/83	DEZ	83/84	JAN	13	-10,6201	-0,8169	0	2	0	11	9
	11 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-54,2293	-1,5494	4	13	14	4	0
	12 93/94	MAI	95/96	JAN	20	-25,7253	-1,2863	1	11	1	7	5
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-14,768	-1,3425	0	2	8	1	1
Total					321			9	44	89	179	66

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	25J02				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	FEV	41	-38,603	-0,9415	0	5	18	18	1
	2 37/38	JAN	37/38	SET	8	-3,1771	-0,3971	0	0	1	7	2
	3 38/39	OUT	39/40	OUT	12	-7,094	-0,5912	0	0	2	10	1
	4 43/44	OUT	45/46	MAI	31	-48,0898	-1,5513	8	6	10	7	5
	5 48/49	JAN	49/50	FEV	13	-9,5734	-0,7364	0	0	4	9	4
	6 52/53	MAI	54/55	MAR	22	-11,7202	-0,5327	0	0	1	21	19
	7 56/57	JAN	57/58	DEZ	11	-8,0389	-0,7308	0	0	2	9	3
	8 57/58	MAR	58/59	DEZ	9	-6,3623	-0,7069	0	1	1	7	7
	9 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-8,1932	-0,8193	0	0	2	8	4
	10 66/67	JAN	67/68	MAR	14	-9,2074	-0,6577	0	0	1	13	3
	11 72/73	SET	75/76	DEZ	27	-18,5579	-0,6873	0	0	6	21	3
	12 80/81	OUT	82/83	NOV	25	-31,963	-1,2785	7	3	3	12	0
	13 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-17,7235	-1,1816	0	5	5	5	1
	14 85/86	NOV	87/88	NOV	24	-13,8829	-0,5785	0	0	1	23	2
	15 90/91	ABR	92/93	MAI	25	-21,2337	-0,8493	2	2	6	15	10
	16 93/94	MAI	95/96	JAN	20	-23,4429	-1,1721	1	8	4	7	6
	17 98/99	NOV	98/99	SET	11	-14,9233	-1,3567	1	2	7	1	0
Total					318			19	32	74	193	71
Posto	25P01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-3,2399	-1,0800	0	0	1	2	1
	2 33/34	DEZ	35/36	JAN	25	-22,2738	-0,8910	0	2	4	19	2
	3 38/39	OUT	39/40	OUT	12	-5,4809	-0,4567	0	0	2	10	1
	4 43/44	JAN	45/46	ABR	27	-32,0221	-1,1860	5	3	4	15	11
	5 48/49	OUT	49/50	FEV	16	-15,4177	-0,9636	0	5	4	7	3
	6 53/54	ABR	55/56	ABR	24	-18,1231	-0,7551	1	2	2	19	6
	7 56/57	NOV	58/59	JAN	26	-25,7186	-0,9892	1	1	12	12	4
	8 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-10,9723	-1,0972	0	2	4	4	4
	9 70/71	NOV	70/71	MAI	6	-4,1292	-0,6882	0	0	3	3	2
	10 72/73	FEV	75/76	SET	43	-35,928	-0,8355	0	3	12	28	8
	11 79/80	SET	81/82	FEV	17	-19,0266	-1,1192	1	4	6	6	4
	12 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-17,1941	-1,1463	0	4	6	5	1
	13 90/91	ABR	93/94	FEV	34	-39,7836	-1,1701	4	9	8	13	9
	14 93/94	SET	95/96	JAN	16	-19,6332	-1,2271	0	3	10	3	2
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-16,0309	-1,4574	0	7	3	1	1
Total					285			12	45	81	147	59
Posto	26F01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	NOV	35/36	MAR	28	-32,8584	-1,1735	0	5	17	6	1
	2 38/39	OUT	38/39	JAN	3	-2,4165	-0,8055	0	0	1	2	1
	3 43/44	NOV	45/46	MAI	30	-41,629	-1,3876	1	15	10	4	2
	4 48/49	FEV	51/52	OUT	32	-20,2146	-0,6317	0	0	6	26	3
	5 52/53	NOV	54/55	FEV	27	-20,7906	-0,7700	0	0	7	20	7
	6 56/57	JAN	58/59	DEZ	23	-19,7243	-0,8576	0	1	5	17	3
	7 73/74	OUT	74/75	MAR	17	-18,5285	-1,0899	0	1	8	8	0
	8 79/80	FEV	83/84	JAN	47	-57,9964	-1,2340	7	17	1	22	8
	9 91/92	NOV	93/94	FEV	27	-32,7829	-1,2142	0	12	7	8	4
	10 93/94	ABR	95/96	JAN	21	-20,1687	-0,9604	1	7	3	10	9
	11 98/99	NOV	98/99	SET	11	-20,4974	-1,8634	5	4	2	0	0
Total					266			14	62	67	123	38

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	26G01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 32/33	MAR	35/36	MAR	36	-35,6195	-0,9894	1	4	14	17	9
	2 38/39	NOV	38/39	JAN	2	-1,6934	-0,8467	0	0	1	1	0
	3 43/44	NOV	45/46	ABR	29	-40,2687	-1,3886	1	14	8	6	2
	4 49/50	SET	51/52	NOV	14	-8,2473	-0,5891	0	0	2	12	3
	5 52/53	MAR	54/55	FEV	23	-17,0019	-0,7392	0	0	5	18	3
	6 56/57	JAN	58/59	DEZ	23	-20,5847	-0,8950	0	1	6	16	2
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-12,4401	-1,1309	0	2	6	3	2
	8 66/67	JAN	68/69	NOV	22	-11,7323	-0,5333	0	0	2	20	9
	9 70/71	JAN	71/72	FEV	13	-6,8805	-0,5293	0	0	2	11	1
	10 72/73	FEV	76/77	NOV	45	-31,7628	-0,7058	0	1	9	35	8
	11 79/80	MAR	81/82	FEV	23	-26,5567	-1,1546	1	11	2	9	7
	12 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-16,3919	-1,3660	0	5	5	2	1
	13 91/92	FEV	93/94	NOV	21	-23,3098	-1,1100	0	3	11	7	1
	14 93/94	MAI	95/96	JAN	20	-32,996	-1,6498	10	1	2	7	6
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-21,7758	-1,9796	7	2	2	0	0
	Total				305			20	44	77	164	54
Posto	26J01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	2 43/44	DEZ	45/46	MAR	27	-34,4974	-1,2777	5	5	6	11	4
	3 48/49	FEV	49/50	NOV	9	-6,9618	-0,7735	0	0	4	5	3
	4 52/53	FEV	54/55	FEV	24	-12,0051	-0,5002	0	0	2	22	20
	5 57/58	ABR	58/59	DEZ	8	-3,2288	-0,4036	0	0	1	7	7
	6 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-10,0341	-1,0034	0	0	7	3	3
	7 66/67	NOV	67/68	NOV	12	-9,3688	-0,7807	0	0	5	7	2
	8 70/71	JAN	71/72	MAR	14	-6,8989	-0,4928	0	0	1	13	2
	9 71/72	ABR	75/76	DEZ	44	-50,6226	-1,1505	7	5	15	17	2
	10 79/80	JAN	82/83	NOV	34	-49,38	-1,4524	11	4	5	14	3
	11 82/83	DEZ	84/85	JAN	25	-22,1262	-0,8850	1	8	1	15	1
	12 88/89	DEZ	88/89	SET	9	-5,0345	-0,5594	0	0	2	7	1
	13 90/91	DEZ	92/93	MAR	27	-29,0164	-1,0747	2	3	8	14	11
	14 93/94	MAI	95/96	DEZ	19	-21,3169	-1,1219	0	7	6	6	6
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-12,7063	-1,1551	0	3	5	3	1
	Total				299			26	35	75	163	76
Posto	26L01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	FEV	35/36	FEV	24	-24,9825	-1,0409	0	2	11	11	8
	2 37/38	JAN	38/39	MAR	14	-7,563	-0,5402	0	0	2	12	10
	3 43/44	DEZ	45/46	MAI	29	-40,0774	-1,3820	6	5	10	8	3
	4 47/48	MAR	49/50	FEV	23	-12,8072	-0,5568	0	1	4	18	11
	5 57/58	FEV	58/59	DEZ	10	-7,6738	-0,7674	0	1	1	8	8
	6 64/65	DEZ	65/66	OUT	10	-9,2762	-0,9276	0	0	6	4	4
	7 66/67	OUT	68/69	DEZ	26	-28,4742	-1,0952	3	7	2	14	3
	8 70/71	NOV	71/72	FEV	15	-8,1569	-0,5438	0	0	3	12	2
	9 71/72	ABR	76/77	OUT	54	-56,2767	-1,0422	1	6	21	26	2
	10 79/80	JAN	82/83	NOV	34	-44,8034	-1,3177	10	4	2	18	9
	11 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-15,8759	-1,0584	0	3	7	5	1
	12 85/86	JAN	86/87	JUL	18	-11,88	-0,6600	0	0	4	14	4
	13 90/91	ABR	92/93	MAI	25	-17,7364	-0,7095	0	2	2	21	10
	14 94/95	NOV	95/96	DEZ	13	-11,0719	-0,8517	0	1	3	9	6
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-9,6583	-0,8780	0	2	1	8	1
	Total				321			20	34	79	188	82

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	27E01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-3,0379	-1,0126	0	0	2	1	0
	2 33/34	DEZ	35/36	MAR	27	-30,4861	-1,1291	1	8	6	12	1
	3 43/44	NOV	45/46	MAI	30	-32,715	-1,0905	0	6	12	12	2
	4 48/49	JAN	50/51	ABR	27	-26,8345	-0,9939	0	4	9	14	1
	5 56/57	DEZ	58/59	DEZ	24	-19,122	-0,7968	0	0	6	18	3
	6 64/65	DEZ	65/66	FEV	14	-20,4754	-1,4625	5	3	2	4	0
	7 66/67	NOV	68/69	JAN	26	-27,3994	-1,0538	0	4	10	12	3
	8 73/74	OUT	76/77	NOV	37	-24,6261	-0,6656	0	1	5	31	2
	9 79/80	FEV	82/83	NOV	33	-25,944	-0,7862	1	3	9	20	8
	10 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-17,0172	-1,1345	0	4	6	5	1
	11 91/92	NOV	93/94	NOV	24	-26,2212	-1,0926	1	3	11	9	3
	12 93/94	ABR	95/96	JAN	21	-20,8173	-0,9913	1	7	4	9	7
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-23,6073	-2,1461	8	2	1	0	0
	Total				292			17	45	83	147	31
Posto	27G01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 32/33	JUL	35/36	FEV	31	-23,0587	-0,7438	0	2	4	25	6
	2 43/44	DEZ	45/46	ABR	28	-35,2225	-1,2579	1	10	9	8	3
	3 48/49	JAN	48/49	SET	8	-10,4441	-1,3055	0	4	1	3	3
	4 49/50	SET	50/51	MAR	6	-4,2606	-0,7101	0	0	2	4	2
	5 56/57	JAN	57/58	JAN	12	-6,526	-0,5438	0	0	1	11	3
	6 57/58	MAR	58/59	DEZ	9	-4,7661	-0,5296	0	0	1	8	8
	7 64/65	DEZ	65/66	DEZ	12	-10,2248	-0,8521	0	0	7	5	3
	8 66/67	JAN	67/68	MAR	14	-9,7616	-0,6973	0	0	2	12	9
	9 72/73	MAR	76/77	DEZ	45	-58,1967	-1,2933	5	15	8	17	7
	10 79/80	FEV	81/82	SET	31	-25,0746	-0,8089	1	6	5	19	8
	11 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-18,0215	-1,2014	0	5	5	5	1
	12 86/87	DEZ	87/88	DEZ	12	-6,6496	-0,5541	0	0	1	11	9
	13 90/91	DEZ	90/91	MAR	3	-2,5306	-0,8435	0	0	1	2	1
	14 90/91	ABR	95/96	JAN	57	-64,3858	-1,1296	8	11	13	25	10
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-18,6033	-1,6912	2	6	3	0	0
	Total				294			17	59	63	155	73
Posto	27H01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	32/33	DEZ	3	-2,4706	-0,8235	0	0	1	2	1
	2 33/34	NOV	35/36	MAI	30	-36,4069	-1,2136	3	10	6	11	1
	3 36/37	MAI	39/40	MAR	34	-38,1232	-1,1213	0	9	15	10	0
	4 39/40	SET	42/43	DEZ	27	-15,8973	-0,5888	0	0	1	26	16
	5 43/44	DEZ	45/46	DEZ	24	-33,8886	-1,4120	1	13	5	5	4
	6 48/49	FEV	49/50	NOV	9	-5,4493	-0,6055	0	0	1	8	3
	7 53/54	MAI	54/55	FEV	9	-2,9403	-0,3267	0	0	1	8	7
	8 56/57	JAN	58/59	FEV	25	-18,8701	-0,7548	0	2	4	19	2
	9 64/65	DEZ	65/66	JAN	13	-8,5255	-0,6558	0	0	3	10	3
	10 72/73	MAR	76/77	NOV	44	-25,6758	-0,5835	0	0	8	36	7
	11 80/81	OUT	82/83	NOV	25	-21,5237	-0,8609	1	4	6	14	4
	12 82/83	DEZ	83/84	MAR	15	-20,2789	-1,3519	2	7	2	4	0
	13 91/92	OUT	93/94	NOV	25	-25,3968	-1,0159	0	4	10	11	4
	14 93/94	ABR	95/96	DEZ	20	-20,4485	-1,0224	0	7	5	8	7
	15 98/99	NOV	98/99	SET	11	-17,8968	-1,6270	1	7	2	1	1
	Total				314			8	63	70	173	60

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	27I01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	132/33	ABR	34/35	NOV	19	-9,5084	-0,5004	0	0	1	18	18
	234/35	MAR	35/36	FEV	11	-6,3331	-0,5757	1	0	1	9	8
	338/39	OUT	39/40	OUT	12	-7,9275	-0,6606	0	0	2	10	1
	443/44	JAN	45/46	MAR	26	-39,5016	-1,5193	10	3	6	7	3
	553/54	ABR	54/55	FEV	10	-3,311	-0,3311	0	0	1	9	8
	656/57	JAN	58/59	MAI	28	-28,2453	-1,0088	1	6	6	15	3
	764/65	DEZ	65/66	DEZ	12	-14,1762	-1,1814	0	6	2	4	2
	866/67	OUT	67/68	FEV	16	-12,1751	-0,7609	0	1	3	12	3
	970/71	NOV	70/71	MAI	6	-3,298	-0,5497	0	0	1	5	2
	1072/73	MAR	75/76	DEZ	33	-21,3655	-0,6474	0	3	4	26	7
	1180/81	OUT	82/83	NOV	25	-24,875	-0,9950	2	5	3	15	5
	1282/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-17,0862	-1,4239	1	5	4	2	1
	1384/85	ABR	86/87	OUT	18	-9,6826	-0,5379	0	0	2	16	9
	1490/91	DEZ	90/91	MAR	3	-2,5023	-0,8341	0	0	1	2	1
	1590/91	ABR	93/94	NOV	31	-35,1349	-1,1334	3	9	3	16	10
	1693/94	MAR	95/96	JAN	22	-25,1207	-1,1419	0	10	3	9	8
	1798/99	NOV	98/99	SET	11	-22,7791	-2,0708	7	3	0	1	1
Total					295			25	51	43	176	90
Posto	27K01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	133/34	NOV	35/36	JAN	26	-14,4023	-0,5539	0	0	2	24	16
	237/38	JAN	37/38	SET	8	-3,4682	-0,4335	0	0	1	7	2
	343/44	JAN	45/46	MAR	26	-22,5877	-0,8688	4	1	4	17	3
	449/50	SET	51/52	MAR	18	-11,2041	-0,6225	0	0	6	12	3
	553/54	ABR	54/55	MAR	11	-4,302	-0,3911	0	1	0	10	8
	656/57	JAN	58/59	MAR	26	-17,5668	-0,6756	0	2	2	22	18
	764/65	DEZ	65/66	NOV	11	-13,4486	-1,2226	0	5	3	3	2
	866/67	OUT	67/68	NOV	13	-10,2916	-0,7917	0	0	4	9	3
	970/71	NOV	71/72	MAR	16	-11,631	-0,7269	0	0	3	13	2
	1071/72	ABR	72/73	DEZ	8	-5,4124	-0,6766	0	0	2	6	3
	1172/73	FEV	75/76	DEZ	34	-35,5548	-1,0457	3	4	10	17	8
	1279/80	JAN	87/88	DEZ	95	-98,9077	-1,0411	10	14	19	52	1
	1391/92	FEV	92/93	MAR	13	-10,7761	-0,8289	0	2	3	8	2
	1493/94	DEZ	95/96	DEZ	24	-32,3917	-1,3497	6	6	2	10	10
	1598/99	NOV	98/99	SET	11	-12,0759	-1,0978	0	0	8	3	1
Total					340			23	35	69	213	82
Posto	28H01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig		meses
	131/32	SET	32/33	DEZ	3	-2,1017	-0,7006	0	0	1	2	1
	233/34	NOV	35/36	FEV	27	-29,5023	-1,0927	0	4	11	12	2
	338/39	OUT	39/40	NOV	13	-8,0369	-0,6182	0	0	2	11	1
	443/44	DEZ	45/46	ABR	28	-42,4167	-1,5149	7	11	4	6	1
	548/49	JAN	49/50	NOV	10	-6,9985	-0,6999	0	0	4	6	4
	654/55	OUT	55/56	OUT	12	-5,8811	-0,4901	0	1	0	11	2
	756/57	JAN	58/59	DEZ	23	-24,6918	-1,0736	0	3	12	8	2
	860/61	MAR	61/62	JAN	10	-4,1727	-0,4173	0	0	1	9	7
	964/65	DEZ	65/66	NOV	11	-11,8974	-1,0816	0	3	4	4	3
	1066/67	DEZ	67/68	MAR	15	-12,2557	-0,8170	0	0	3	12	2
	1170/71	NOV	71/72	MAR	16	-11,949	-0,7468	0	0	4	12	2
	1272/73	FEV	75/76	SET	43	-30,4273	-0,7076	0	5	3	35	8
	1380/81	OUT	83/84	MAR	41	-47,3882	-1,1558	4	10	7	20	6
	1490/91	ABR	93/94	NOV	31	-32,48	-1,0477	2	8	3	18	10
	1593/94	MAR	95/96	DEZ	21	-19,8067	-0,9432	0	0	11	10	10
	1698/99	NOV	98/99	SET	11	-15,5536	-1,4140	0	7	3	1	1
Total					315			13	52	73	177	62

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	28I01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	MAR	42	-58,9217	-1,4029	15	9	4	14	0
	2 38/39	OUT	39/40	FEV	16	-10,1995	-0,6375	0	0	3	13	1
	3 43/44	DEZ	45/46	MAR	27	-28,3081	-1,0484	4	2	6	15	4
	4 53/54	ABR	55/56	OUT	18	-8,6874	-0,4826	0	1	0	17	8
	5 56/57	JAN	58/59	JAN	24	-17,1926	-0,7164	0	1	3	20	2
	6 60/61	FEV	61/62	JAN	11	-7,9151	-0,7196	0	0	1	10	8
	7 64/65	NOV	65/66	NOV	12	-12,9664	-1,0805	0	0	9	3	1
	8 66/67	OUT	67/68	MAR	17	-14,8294	-0,8723	0	1	4	12	3
	9 73/74	OUT	75/76	SET	35	-24,0711	-0,6877	0	1	5	29	0
	10 79/80	JAN	82/83	NOV	34	-31,811	-0,9356	1	5	8	20	1
	11 82/83	DEZ	85/86	SET	45	-33,2009	-0,7378	0	9	4	32	1
	12 93/94	MAR	95/96	DEZ	21	-22,6661	-1,0793	0	7	6	8	7
	13 98/99	NOV	98/99	SET	11	-14,6114	-1,3283	1	4	4	2	1
	Total				313			21	40	57	195	37
Posto	29G01				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 32/33	FEV	35/36	MAR	37	-48,976	-1,3237	3	12	12	10	7
	2 37/38	JAN	39/40	FEV	25	-12,4676	-0,4987	0	0	1	24	11
	3 40/41	MAI	42/43	DEZ	19	-10,6212	-0,5590	0	0	7	12	9
	4 43/44	JAN	45/46	ABR	27	-37,1487	-1,3759	10	1	1	15	11
	5 47/48	SET	49/50	FEV	17	-20,0651	-1,1803	4	3	2	8	5
	6 56/57	JAN	58/59	DEZ	23	-16,7996	-0,7304	0	0	2	21	21
	7 70/71	OUT	71/72	MAR	17	-12,5788	-0,7399	0	0	4	13	3
	8 72/73	MAR	75/76	DEZ	33	-22,2464	-0,6741	1	3	1	28	7
	9 80/81	OUT	83/84	MAR	41	-53,4282	-1,3031	10	9	3	19	4
	10 91/92	OUT	93/94	OUT	24	-19,5082	-0,8128	0	2	8	14	4
	11 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-18,8219	-1,3444	0	5	7	2	2
	12 98/99	NOV	98/99	SET	11	-15,6402	-1,4218	0	6	4	1	1
	Total				288			28	41	52	167	85
Posto	29G02				Nº de meses em seca						T ₀ (d)	
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 31/32	SET	35/36	MAR	42	-51,5558	-1,2275	8	8	11	15	1
	2 37/38	JAN	39/40	JAN	24	-13,1894	-0,5496	0	0	3	21	2
	3 43/44	JAN	45/46	JAN	24	-28,0677	-1,1695	3	5	4	12	2
	4 54/55	NOV	54/55	FEV	3	-1,7749	-0,5916	0	0	1	2	1
	5 56/57	JAN	58/59	DEZ	23	-14,6834	-0,6384	0	0	1	22	22
	6 60/61	NOV	61/62	MAR	16	-10,9391	-0,6837	0	0	4	12	3
	7 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-13,4251	-1,2205	0	4	4	3	2
	8 66/67	OUT	68/69	DEZ	26	-24,1457	-0,9287	0	7	5	14	2
	9 70/71	NOV	71/72	FEV	15	-10,1989	-0,6799	0	0	3	12	2
	10 72/73	MAR	75/76	SET	42	-34,1589	-0,8133	0	3	11	28	7
	11 80/81	JAN	83/84	JAN	36	-47,2714	-1,3131	2	6	21	7	4
	12 83/84	FEV	84/85	FEV	12	-4,9861	-0,4155	0	0	2	10	9
	13 84/85	MAR	86/87	JAN	22	-9,7886	-0,4449	0	0	1	21	10
	14 91/92	OUT	93/94	OUT	24	-22,0441	-0,9185	0	7	5	12	5
	15 94/95	OUT	95/96	DEZ	14	-16,0115	-1,1437	0	6	1	7	6
	16 98/99	NOV	98/99	SET	11	-13,016	-1,1833	0	1	7	3	1
	Total				345			13	47	84	201	79

Quadro B.2 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses nos 49 postos de Outubro de 1931 a Setembro de 1999 (continuação)

Posto	30E01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 34/35	ABR	35/36	FEV	10	-5,4677	-0,5468	0	0	1	9	8
	2 43/44	OUT	45/46	MAR	29	-52,8121	-1,8211	18	3	2	6	2
	3 47/48	FEV	49/50	JAN	23	-16,3323	-0,7101	0	2	6	15	12
	4 50/51	NOV	52/53	MAR	28	-13,5059	-0,4824	0	0	3	25	2
	5 54/55	DEZ	55/56	OUT	10	-5,0736	-0,5074	0	1	0	9	0
	6 56/57	FEV	58/59	MAI	27	-24,6135	-0,9116	0	1	9	17	3
	7 60/61	MAR	61/62	MAR	12	-7,4185	-0,6182	0	0	2	10	7
	8 64/65	DEZ	65/66	FEV	14	-16,4892	-1,1778	0	6	2	6	2
	9 66/67	OUT	68/69	DEZ	26	-13,6778	-0,5261	0	0	1	25	4
	10 73/74	OUT	75/76	ABR	30	-18,935	-0,6312	0	0	4	26	3
	11 80/81	OUT	83/84	MAI	43	-46,2982	-1,0767	1	8	14	20	6
	12 91/92	NOV	93/94	NOV	24	-26,6139	-1,1089	1	7	5	11	4
	13 93/94	MAR	95/96	JAN	22	-24,873	-1,1306	0	8	5	9	8
	14 98/99	NOV	98/99	SET	11	-17,0415	-1,5492	1	4	6	0	0
	Total				309			21	40	60	188	61
Posto	30F01				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	NOV	35/36	FEV	27	-29,6974	-1,0999	0	9	5	13	2
	2 42/43	SET	45/46	ABR	31	-46,5374	-1,5012	8	5	11	7	4
	3 48/49	NOV	49/50	MAI	18	-17,2899	-0,9606	0	5	4	9	3
	4 49/50	SET	50/51	MAR	6	-3,3018	-0,5503	0	0	1	5	3
	5 54/55	OUT	55/56	NOV	13	-5,9033	-0,4541	0	0	1	12	2
	6 56/57	JAN	57/58	JAN	12	-11,3423	-0,9452	0	0	4	8	2
	7 61/62	OUT	61/62	MAR	5	-2,8685	-0,5737	0	0	1	4	0
	8 64/65	FEV	65/66	NOV	9	-7,7582	-0,8620	0	0	4	5	3
	9 66/67	NOV	68/69	JAN	26	-20,6311	-0,7935	0	0	6	20	3
	10 70/71	JAN	70/71	MAI	4	-3,4799	-0,8700	0	0	2	2	0
	11 72/73	SET	76/77	OUT	37	-28,9452	-0,7823	0	1	11	25	4
	12 79/80	FEV	83/84	MAR	49	-50,1603	-1,0237	1	11	13	24	14
	13 90/91	DEZ	90/91	MAR	3	-2,0549	-0,6850	0	0	1	2	1
	14 90/91	ABR	93/94	NOV	31	-33,952	-1,0952	2	10	3	16	10
	15 93/94	ABR	95/96	JAN	21	-21,7628	-1,0363	1	7	4	9	7
	16 98/99	NOV	98/99	SET	11	-17,2158	-1,5651	1	6	3	1	1
	Total				303			13	54	74	162	59
Posto	30H03				Nº de meses em seca							T ₀ (d)
Seca	Início		Fim		Duração	Magnitude	Intensidade Extr	Sev	Mod	Lig	meses	
	1 33/34	NOV	35/36	FEV	27	-35,9187	-1,3303	0	6	17	4	2
	2 38/39	OUT	39/40	OUT	12	-5,5564	-0,4630	0	0	1	11	1
	3 43/44	DEZ	45/46	ABR	28	-41,8795	-1,4957	7	4	11	6	1
	4 50/51	NOV	51/52	NOV	12	-6,9384	-0,5782	0	0	1	11	2
	5 53/54	ABR	55/56	OUT	18	-11,1094	-0,6172	0	1	1	16	8
	6 56/57	JAN	58/59	DEZ	23	-20,8428	-0,9062	0	1	7	15	2
	7 60/61	FEV	61/62	JAN	11	-4,5448	-0,4132	0	0	1	10	8
	8 64/65	DEZ	65/66	NOV	11	-10,5339	-0,9576	0	0	7	4	3
	9 66/67	OUT	67/68	MAR	17	-18,466	-1,0862	0	2	9	6	3
	10 70/71	NOV	71/72	FEV	15	-8,3559	-0,5571	0	0	1	14	4
	11 73/74	OUT	75/76	DEZ	26	-19,8658	-0,7641	0	2	2	22	3
	12 75/76	JAN	76/77	OUT	9	-4,3681	-0,4853	0	0	1	8	2
	13 79/80	JAN	82/83	NOV	34	-38,3074	-1,1267	7	2	7	18	9
	14 82/83	DEZ	83/84	DEZ	12	-9,7796	-0,8150	0	0	3	9	1
	15 90/91	DEZ	93/94	NOV	35	-32,6741	-0,9335	0	10	5	20	1
	16 93/94	MAR	95/96	DEZ	21	-19,3839	-0,9230	0	1	12	8	8
	17 98/99	NOV	98/99	SET	11	-18,1256	-1,6478	1	9	0	1	1
	Total				322			15	38	86	183	59

Quadro B.3 Secas identificadas pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses em Elvas, Évora, Beja e Alvalade no período Outubro de 1931 a Setembro de 2000

	Início	Fim	Duração (meses)	Magnitude/Intensidade		Nº de meses em seca				T ₀ (d)
						Extrema	Severa	Moderada	Ligeira	
Elvas	Set-32	Abr-36	43	-37,899	-0,881	0	1	15	27	2
	Jan-38	Out-39	21	-18,978	-0,904	2	0	3	16	10
	Mar-44	Mai-46	26	-23,972	-0,922	0	1	12	13	6
	Out-48	Fev-50	16	-12,007	-0,750	0	1	6	9	4
	Mar-53	Fev-55	23	-17,772	-0,773	0	0	3	20	11
	Jan-71	Nov-72	22	-12,118	-0,551	0	0	1	21	12
	Set-73	Nov-76	38	-31,245	-0,822	0	0	9	29	3
	Fev-80	Jan-82	23	-24,048	-1,046	0	6	8	9	8
	Dez-82	Mar-84	15	-20,034	-1,336	2	8	1	4	0
	Nov-85	Dez-87	25	-14,038	-0,562	0	0	4	21	6
	Mai-91	Jan-96	56	-50,524	-0,902	2	4	18	32	6
Évora	Nov-98	Dez-00	25	-33,649	-1,346	5	5	7	8	1
	Dez-33	Jan-36	25	-19,700	-0,788	0	1	8	16	11
	Nov-38	Jan-39	2	-1,989	-0,994	0	0	1	1	0
	Jan-44	Mai-46	28	-35,239	-1,259	2	5	14	7	2
	Nov-48	Mai-50	18	-16,301	-0,906	0	5	2	11	3
	Mai-53	Fev-55	21	-21,767	-1,037	0	2	11	8	4
	Jan-57	Mar-59	26	-21,931	-0,843	0	1	9	16	3
	Dez-64	Out-65	10	-8,053	-0,805	0	0	4	6	5
	Abr-67	Nov-68	19	-8,333	-0,439	0	0	1	18	9
	Fev-73	Jan-77	47	-42,083	-0,895	0	4	10	33	9
	Fev-80	Mar-84	49	-53,316	-1,088	1	15	10	23	8
Beja	Dez-88	Nov-89	11	-7,323	-0,666	0	0	1	10	7
	Dez-90	Nov-93	35	-42,418	-1,212	2	12	8	13	10
	Abr-94	Dez-95	20	-20,426	-1,021	1	4	7	8	7
	Nov-98	Abr-00	17	-19,096	-1,123	0	7	3	7	1
	Set-32	Fev-36	41	-39,482	-0,963	0	7	16	18	1
	Jan-38	Set-38	8	-3,230	-0,404	0	0	1	7	2
	Out-38	Out-39	12	-7,272	-0,606	0	0	2	10	1
	Nov-43	Mai-46	30	-49,205	-1,640	10	5	10	5	2
	Jan-49	Fev-50	13	-9,669	-0,744	0	0	4	9	4
	Mai-53	Mar-55	22	-11,954	-0,543	0	0	1	21	19
	Jan-57	Dez-57	11	-8,127	-0,739	0	0	2	9	3
Alvalade	Mar-58	Fev-59	11	-6,484	-0,589	0	1	1	9	7
	Dez-64	Out-65	10	-8,349	-0,835	0	0	2	8	4
	Jan-67	Mar-68	14	-9,360	-0,669	0	0	1	13	3
	Set-73	Dez-75	27	-18,993	-0,703	0	0	7	20	3
	Out-80	Nov-82	25	-32,629	-1,305	7	4	2	12	0
	Dez-82	Mar-84	15	-18,120	-1,208	0	5	5	5	1
	Nov-85	Nov-87	24	-14,112	-0,588	0	0	1	23	2
	Abr-91	Mai-93	25	-21,659	-0,866	2	2	6	15	10
	Mai-94	Jan-96	20	-23,920	-1,196	1	9	3	7	6
	Nov-98	Mai-00	18	-13,638	-0,758	0	0	7	11	1
	Abr-33	Mar-36	35	-34,440	-0,984	1	3	15	16	8
Alvalade	Nov-38	Jan-39	2	-1,593	-0,796	0	0	1	1	0
	Nov-43	Abr-46	29	-39,254	-1,354	3	10	9	7	2
	Set-50	Nov-51	14	-7,842	-0,560	0	0	2	12	3
	Mar-53	Fev-55	23	-16,454	-0,715	0	0	5	18	3
	Jan-57	Dez-58	23	-20,067	-0,872	0	1	5	17	3
	Dez-64	Out-65	10	-12,168	-1,217	0	2	6	2	2
	Jan-67	Nov-68	22	-11,206	-0,509	0	0	1	21	12
	Jan-71	Fev-72	13	-6,462	-0,497	0	0	1	12	2
	Fev-73	Nov-76	45	-30,554	-0,679	0	0	9	36	8
	Mar-80	Fev-82	23	-25,875	-1,125	1	11	2	9	7
	Dez-82	Dez-83	12	-16,051	-1,338	0	5	5	2	1
Alvalade	Fev-92	Nov-93	21	-22,723	-1,082	0	2	12	7	1
	Mai-94	Jan-96	20	-32,410	-1,621	10	1	2	7	6
	Nov-98	Abr-00	17	-31,512	-1,854	10	1	0	6	0

Quadro B.4 Área (%) em seca no Alentejo pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses e 3 meses, de 1932/33 a 1998/99

Ano Hidr.	Área (%) em seca com o SPI-12												Área (%) em seca com o SPI-3												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
1932/33	56	56	39	32	34	34	36	34	34	37	40	44			2	6	6	15	33	40	37	51	44	66	85
1933/34	41	56	77	82	87	87	87	95	96	96	96	96	29	32	38	85	86	86	27	8	26	95	96	97	
1934/35	100	98	96	96	96	98	99	99	99	99	99	99	100	98	44	67	84	95	95	72	41	15	43	75	
1935/36	99	99	99	50	22	4	2						75	69	24	7				1	5	36	60	81	
1936/37				3	3	3	7	8	8	8	8	8	81	81	81	6	6		23	26	91	91	91	76	
1937/38	8	8	8	30	30	35	35	35	35	35	35	29	8	3	3	11	96	96	93	56	30	29	62	4	
1938/39	69	85	85	67	62	49	43	43	42	42	42	40	24	27	27	15	7	13	26	26	20	11		3	
1939/40	17	14	14	14	8	7	7	7	7	7	7	8	3	7	7	7		3	3	14	14	14	14	15	
1940/41	5	5	5	5	2	2	2	4	4	4	4	4	5	9	9	4	2					6	6	20	
1941/42	4	4	4	11	11	11	11	11	11	11	11	11	96	74	86	86	86	9			2	17	17		
1942/43	9	9																		2	38	52	41		
1943/44	4	19	55	93	93	100	100	100	100	100	100	100	7	88	95	98	98	98	84	84	40	24		22	
1944/45	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	49	80	93	100	100	100	100	100	89	75	51	87	
1945/46	100	100	92	91	91	74	55	1	1	1	1	1	77	41	2	3	3	3	1				46	42	
1946/47	1	1	1	1									28	30	30	29					76	76	70	26	
1947/48						11	11	11	11	11	13	17	10	10	10	7							85	87	
1948/49	31	38	38	68	87	87	87	87	87	87	87	85	76	80	74	90	90	94	90	83	73	68	23		
1949/50	85	78	78	78	57	50	50	22	21	21	21	37			4	5	9	14	14	12	4		18	53	
1950/51	37	38	38	36	31	20	15	15	15	15	15	15	74	74	74	49	4			8	12	12	10	11	
1951/52	13	5	5	6	6	2	2	2	2	2	2	2	11		4	5	14	4	1					2	
1952/53	2	9	9	16	20	44	52	63	63	63	63	63	4	20	52	56	61	64	64	64	62	73	69	40	
1953/54	63	63	61	61	61	55	68	75	75	74	73	76	4	4	7	39	42	49	41	39	87	87	80	99	
1954/55	80	81	81	75	30	24	24	24	24	24	24	24	100	84	80	5	4	4	17	74	93	91	74	78	
1955/56	17	12	5	5	5	1							49	14							24	51	49		
1956/57		1	18	55	56	66	66	66	66	66	66	67	2	70	100	100	95	84	11	11	8	7	8	15	
1957/58	67	67	65	59	67	66	70	70	70	70	70	70	22	29	41	45	49	45	57	62	67	67	31	83	
1958/59	70	70	28	24	22	12	10	5	5	5	5	5	98	98	5						40	43	77	29	
1959/60	5												10	5							1	1	1	1	
1960/61		1	1	1	4	6	6	7	7	7	7	7			4	47	84	84	84	22	3				
1961/62	10	10	10	5	5	1	5	5	5	5	5	5			3	9	9	15	18	44	44	24	19		
1962/63	5	5	5	5	1	1							1	1	1	1					4	9	30		
1963/64													30	12							12	40	37	17	13
1964/65		12	73	73	85	85	85	85	85	85	85	85	90	90	90	90	82	21	59	98	100	100	67		
1965/66	50	15	9	3																23	16	65	44	34	
1966/67	16	20	22	43	43	43	56	56	56	56	56	58	8	29	52	63	63	50	33	32	14	3	7	53	
1967/68	66	60	60	60	58	46	46	46	46	46	46	46	39	42	67	77	73	8		15	30	30	18	15	
1968/69	46	24	13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	1	5	3	3	3	3	6	6	6	3		
1969/70	3	3	3										2							96	96			98	
1970/71	6	36	40	66	66	66	66	54	56	56	56	56	98	98	98	73	72	70	59					85	
1971/72	56	56	56	56	25	8	43	43	43	43	43	43	100	100	100	98			8	86	91	88	86	16	
1972/73	37	31	19	25	58	66	66	66	66	66	66	69		1	9	48	65	100	100	100	60	2	5	47	
1973/74	87	87	87	87	87	87	82	94	94	99	99	100	54	54	54	53	47	43	10	10	1	8	8	100	
1974/75	100	100	100	100	100	98	98	98	98	98	98	98	100	100	100	100	100				6	6	24	39	
1975/76	98	98	78	78	79	79	79	79	79	79	79	73	71	88	88	88	72	72	26	29	26	42	16		
1976/77	52	34	23																5	61	100	100	61		
1977/78																								16	39
1978/79													37	33							19	31	34	28	15
1979/80				24	69	72	73	73	73	80	81	82			23	100	100	99	78	52	53	22	32	39	
1980/81	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	45	75	100	100	100	100	87	53	54	57	52	3	
1981/82	100	100	100	87	73	73	76	76	76	76	76	69	70	85	33	3	2	79	81	83	83	83	18		
1982/83	70	34	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	23	27	100	100	100	100	100	79	30	40	46	42	
1983/84	100	90	61	40	41	18	18	15	15	15	15	15	35			34	34			32	11	4	4	8	13
1984/85	15	15	15	10	8	10	12	12	14	14	14	14	9	6	6					2	4	4	52	57	89
1985/86	16	23	23	36	36	36	36	36	36	36	36	33	95	96	91	76	6	20	21	77	77	82	82		
1986/87	31	31	33	33	33	33	31	31	31	26	24	24		15	28	28	7	8	25	57	57	70	9	1	
1987/88	24	21	4	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	88	88	86					8	
1988/89	4	4	27	29	29	29	31	24	27	27	27	25	15	30	64	78	92	92	63	5	2	3	40	14	
1989/90	25	17																	2	81	70	46	34	74	68
1990/91		2	24	24	24	20	54	55	55	55	55	59		6	6	22	22	15	7	64	91	89	68	67	
1991/92	78	89	90	90	97	97	97	97	97	97	97	97	42	91	97	97	97	97	97	95	8	7		9	
1992/93	97	97	95	95	95	89	89	82	82	82	82	82	19	90	84	84	83	83	81				5	5	
1993/94	74	13	18	15	12	19	31	43	47	48	51	71				16	16	16	16	16	11	6	90	81	
1994/95	86	91	91	97	97	97	97	99	99	99	99	99	72	80	93	99	99	100	100	100	100	81	60	60	
1995/96	99	99	44										61	20						8	3	3	67	17	
1996/97				1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	18	1	1	1	94	94	81	8				
1997/98	1																								

Quadro B.5 Área (%) em seca moderada no Alentejo pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses e 3 meses, de 1932/33 a 1998/99

Ano Hidr.	Área (%) em seca moderada SPI-12												Área (%) em seca moderada SPI-3											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1932/33	34	35	7	5	5	3	3	3	3	3	3	4					3	3	3	17		27	1	42
1933/34			13	23	22	33	8	9	9	9	9	9	1	1	1	19	59	21			1	13	54	55
1934/35	57	52	26	42	22	37	32	44	41	39	36	39	11	46		5	6	53	34	11			3	36
1935/36	26	27	24	11									33	15	5								7	45
1936/37							3					3	40	33	37									
1937/38	5			6		12	5	2	2	2	2					3	30	42	30	16	2	33	48	36
1938/39	5	61	47	7	5	9	5	5	6	6	6	3	1	17	12				13	16		2	32	1
1939/40	7	4	4	7		3	3	3	3	3	3	3				3	3				6			8
1940/41													2			6								
1941/42				3	10	2	2	2	2	2	2		40	3	24		56					2		
1942/43																					14	26	10	
1943/44				18	25	36	52	44	42	37	39	30		2	28	46	40	34	4	27				
1944/45	39	34	24	42	37	37	27	42	18	18	18	9	3	7	27	36	43	37	16	33	28	16	18	41
1945/46	7	33	27	24	29	5	1						6										27	5
1946/47			1																		47	24	25	1
1947/48																							32	55
1948/49				8	39	39	41	24	39	39	39	17	7	30	4	14	1	58	21	15	16	11		
1949/50	28	2	12	15	2		2	1				1					2		11					5
1950/51	2	18	29	15				4	4	4	4		37	48	13					2	8	2	1	1
1951/52						2							3				12							
1952/53							1	15	19	22	27	29		2	3	5	11	21	6	17	18	30	30	7
1953/54	11	22	14	19	18	3	3	3				10		4	4	3	23	4		4	36	35	10	46
1954/55	35	18	40	1			1						33			2			4	17	47	5	2	37
1955/56		4											8									32	16	
1956/57				3		19	40	19	8	7	8	34		3	33	32	18				5	2	4	
1957/58	34	18	16	2	7	12	13	18	20	24	9	26	4	4	4			15	34	28	31		4	
1958/59	34	32	5	5	5	4	4						28	18						3	2	49		
1959/60																								1
1960/61					1	1	1									3	43	53	30					
1961/62	6		3																		36	5	1	2
1962/63			4	1											1							4		1
1963/64													27									36		
1964/65			7	2	30	36	41	39	38	53	54	47	18	31	38	14	3		4	35	12	26	13	
1965/66																				17	42			
1966/67			1	12	11	11	21	7	4	4	4	5		5	13	29	9		1	3			34	
1967/68	17	2	16	38	4				1	1	5	1	3		11	51	2				11	10	8	
1968/69	2							3	3	3	3		5							3	3			
1969/70		3	3																25	44				44
1970/71				50	53	41	3		3	3	3	3	32	40	46		1	1	1					14
1971/72	3	6	5	7				12	29	31	40	20	33	5	15	6				13	18	22	13	
1972/73					7	23	23	7	2	2	2	7						12	10	43	2			3
1973/74	35	27	52	26	37	23	6	17	13	17	19	19	27	42	19	10				1		2		51
1974/75	34	40	45	55	60	4	32	16	19	17	17	4	10	43	14	64	1				1	3	8	10
1975/76		22	2	3	11	35	29	20	23	21	25	28	15	30	44	45		5		2	25	2		
1976/77	2																		2		48			
1977/78																								32
1978/79													9	5								22	1	4
1979/80					8	5	11				5	5	5			14	65	3			6		3	
1980/81	52	49	34	26	23	23	38	28	22	26	16	35	2	2	44	9		44	14	7		12	18	
1981/82	20		23	19	8	6	9	11	5	5	5	7	4	55				2	22	28	25	38		
1982/83	7		38	40	21	11	33	45	45	43	33	24			8	37	5	1	28	22		6	3	19
1983/84	49	12	7		3								2				15	27	4					8
1984/85		5	9	4									1									5	7	29
1985/86				17	6		7	14	17	18	21	2	17	45	30					23	21	32	57	
1986/87			11	1	1							2			28					30	5	19	3	
1987/88					1	1	1											4	26	27				2
1988/89				20	9	1			11	19	19	14			5	23	75	22					36	
1989/90	14																	73	5	7	3	21	41	13
1990/91			12	12	1	1	5	5	5	5	5	5				13	6			9	29	24	9	1
1991/92	14	37	33	34	35	3	8	33	43	48	48	54		15	26	50	58	50	59	12				
1992/93	57	28	48	36	46	51	43	7	19	19	21	17		25	1	45	17	63	5				5	
1993/94																	8	3	5	3			50	29
1994/95	19	40	32	48	31	47	54	13	20	27	20	29	4	10	18	39	47	38	58	14	28	11	3	
1995/96	15	44											21						8				51	7
1996/97						1		1	1			1	6	5				4	20	7				
1997/98																		32	22				38	
1998/99		12	46	39	32	40	36	36	35	38	43	43	2	28	10	36	47	7	24		19	8	20	

Quadro B.6 Área (%) em seca severa no Alentejo pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses e 3 meses, de 1932/33 a 1998/99

Ano Hidr.	Área (%) em seca severa com o SPI-12												Área (%) em seca severa com o SPI-3												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
1932/33	5	4																	6	3	18		3	25	
1933/34			3	18	20	17	3	7	7	7	7	7				1	3	22	11	1	1	28	17	16	
1934/35	10	25	2	4		8	41	24	19	19	18	17			15	1		5	27	16			1	9	
1935/36	13	7	11	2									32											15	
1936/37								5	5	5	5	2	12	2	7						19	25			
1937/38				2	5			3	3	3	3	3					3	41	10	5			19		
1938/39		8	12	3	8	3	3	7	3	3	3	7	1	2	3					3	7				
1939/40		3	3																		3	3		1	
1940/41																									
1941/42													37			3		7							
1942/43																					3	15			
1943/44				3	3	23	24	33	9	20	10	35				2	33	7	35		3				
1944/45	26	9	42	18	31	31	42	32	41	40	30	22				7	3	51	41	46	39	19	2	4	22
1945/46	42	23	16	14	3										2				1					4	
1946/47													1								18	6	6		
1947/48																						17	14		
1948/49				2	18	5	14	43	36	38	36	2		34				21	12	14		1			
1949/50	6		1	1	1	1						1				1	1	1	1						
1950/51													4	20	2						2			3	
1951/52																		1							
1952/53									9	6	7	13						2	3	4	6	6	25	1	
1953/54	5			3																	9	18		22	
1954/55	17	5	22	4	4	4				4			48							4	31	4		12	
1955/56	4																					10	2		
1956/57							3					4				10	62								
1957/58	2				2	2	2	4	4	4	4	4								6	30	13			
1958/59	14	30											4	56									26		
1959/60																									
1960/61																	1	8	14	13					
1961/62																					6	1			
1962/63		1																							
1963/64																								2	
1964/65					2	5	14	16	21	25	25	4	2	6	40					18	22	23	8		
1965/66																				4		15			
1966/67				5	6	1	3	5	6	6	6	10					26								
1967/68	8	2		11	2	2	2	2	2	2	2	2				2	24				4	4	1		
1968/69	2																				3				
1969/70																			48	5				14	
1970/71				5	7	7							41	45	47										
1971/72			3	2					3	3	3		51	11	46						2	28			
1972/73						2	2												29	16					
1973/74	15	18	19	34	10	8		2	4	2	2	2	2	4										26	
1974/75	2		33	31	18								44	45	69	4							1		
1975/76						26		17	16	15	6		9	18	5							11			
1976/77																				1	21				
1977/78																								3	
1978/79													3	2								10		1	
1979/80																									
1980/81	28	12	28	52	47	46	45	49	50	51	57	48			10	50	3	31	5					1	
1981/82	52	12	19				2	2	2	2	2			25						12	18	12			
1982/83			17	39	49	53	50	23	25	27	38	54			3	5	73	16	4			2	2		
1983/84	36																	3							
1984/85			4																	2				8	
1985/86								3	1	1			46	7						21	6	28	6		
1986/87																				4		10			
1987/88																			39	9					
1988/89									2	2	2					15	17						2		
1989/90																		8	2	1	27	5	3		
1990/91			1	6			1	1	1	1	1	1						2		1	30	37			
1991/92	1	13	16	15	33	16	44	50	42	37	35	28		1	3	31	21	36							
1992/93	27	54	27	37	20	5	4						2	2	5	4	1	13							
1993/94																									
1994/95		9	6	12	43	27	25	50	49	52	59	47								6	42	16		19	12
1995/96	49	13											17								3	3	16		3
1996/97																				33	4				
1997/98																				12				10	
1998/99		1	30	25	43	16	24	35	38	37	32	24		2	16	30	32			7	2	7	2	11	

Quadro B.7 Área (%) em seca extrema no Alentejo pelo SPI numa escala de tempo de 12 meses e 3 meses, de 1932/33 a 1998/99

Ano Hidr.	Área (%) em seca extrema com o SPI-12												Área (%) em seca extrema com o SPI-3											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1932/33	4	5										3												
1933/34	3	3	5	5	7	3							1		1	1	1				6	1		
1934/35	5	5	5	5	5	5	16	7	5	5	5	5	36	5		1	1	13	3				4	
1935/36	5	5	15										7											
1936/37													2								17	7		
1937/38						3	3											4				2		
1938/39	3	12	9											2	4					3				
1939/40																				3				
1940/41																								
1941/42													19											
1942/43																								
1943/44						9	10	6	1	2	2	2				9		4						
1944/45	3	3	12	3	7	11	22	16	38	39	49	66		2	2		2	7	38	15	2	2	6	
1945/46	48	26	1	1	1																			
1946/47																3	3				3	1	1	
1947/48																							3	
1948/49					2	2	1	20	10	8	10		16					3	4	2				
1949/50							1																	
1950/51														3										
1951/52																								
1952/53												2							1	1	2	6		
1953/54		5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			4				1	16		5	
1954/55	4	4	10				4	4	4	4	4	4	6							2	10	2		
1955/56													1									2		
1956/57																6								
1957/58																					2	2		
1958/59		8												24										
1959/60																								
1960/61																	1							
1961/62																					2			
1962/63			1																					
1963/64																								
1964/65							2	2	2	2	2				1					66	6	1		
1965/66																					3			
1966/67					5	5	5								5	5								
1967/68	2		2	2												2								
1968/69																								
1969/70																			23					
1970/71													23	5										
1971/72													6	84	39						45			
1972/73																			61					
1973/74	2	4	8	20	8								2	4									4	
1974/75			4	2	1								44	4	15									
1975/76														16								5		
1976/77																			3	99	4			
1977/78																								
1978/79																								
1979/80																29	3							
1980/81	6		8	12	24	27	12	22	26	21	26	15				41	97	16						
1981/82	28	88												5						20	10	7		
1982/83				16	25	31	6	5	3	3	7	19					22	83					2	
1983/84	6																							
1984/85																								
1985/86													31							1	1		3	
1986/87																						31		
1987/88																			23					
1988/89																								
1989/90																				1	2	2	9	
1990/91																					9	14		
1991/92			1	2	19	73	45	14	2	2					1	7		9						
1992/93	3	7														6								
1993/94																							3	
1994/95		4	4	4	7	3	3	33	21	11	11	16								34	8	3		
1995/96	31	3											7											
1996/97														2						41	1			
1997/98																								
1998/99			15	11	19	1	6	22	20	18	18	17			72	3	1	1	1	1	2	5		

Quadro B.8 SPI regional, obtido por ponderação dos SPI locais pelas áreas de influência dos postos udométricos (escala de tempo de 12 meses)

Ano Hidr.	SPI regional (escala de tempo de 12 meses)											
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
1932/33	-0,80	-0,83	0,12	0,24	0,03	0,16	0,02	0,10	0,05	0,05	0,02	-0,35
1933/34	0,01	-0,01	-0,64	-1,02	-1,08	-1,09	-0,49	-0,62	-0,69	-0,68	-0,68	-0,68
1934/35	-1,23	-1,30	-0,90	-1,05	-0,82	-1,08	-1,65	-1,29	-1,17	-1,16	-1,13	-1,14
1935/36	-1,05	-0,93	-1,17	-0,18	0,58	1,00	1,28	1,21	1,20	1,20	1,18	1,20
1936/37	1,21	1,12	0,78	1,11	0,41	0,47	0,18	-0,04	-0,10	-0,11	-0,11	-0,02
1937/38	0,34	0,94	1,19	0,20	0,19	-0,52	-0,35	-0,07	-0,06	-0,05	-0,05	0,18
1938/39	-0,32	-1,36	-1,23	-0,35	-0,32	-0,20	-0,19	-0,46	-0,17	-0,16	-0,16	-0,18
1939/40	0,43	0,48	0,42	0,58	0,95	1,09	0,97	1,08	1,00	0,99	1,01	0,84
1940/41	0,67	0,81	0,47	0,66	0,70	0,71	1,10	1,05	0,93	1,04	1,02	1,01
1941/42	0,55	0,86	0,92	0,08	-0,40	-0,03	-0,07	-0,15	-0,11	-0,26	-0,25	-0,08
1942/43	0,49	0,22	0,82	1,08	1,08	1,02	0,85	0,79	0,71	0,80	0,79	0,89
1943/44	0,54	0,32	0,01	-0,67	-0,66	-1,28	-1,39	-1,33	-0,96	-1,06	-0,99	-1,28
1944/45	-1,23	-1,02	-1,45	-1,11	-1,34	-1,39	-1,64	-1,54	-1,82	-1,81	-1,91	-2,06
1945/46	-2,01	-1,54	-0,87	-0,87	-0,72	-0,27	0,09	0,69	0,62	0,62	0,62	0,69
1946/47	0,70	0,42	-0,24	0,05	1,30	1,69	1,45	0,91	0,90	0,89	0,92	0,98
1947/48	0,99	0,96	1,33	1,52	0,69	-0,17	0,08	0,47	0,48	0,48	0,46	0,35
1948/49	0,26	0,08	0,26	-0,40	-0,98	-0,84	-0,97	-1,58	-1,45	-1,41	-1,42	-0,60
1949/50	-0,83	-0,29	-0,52	-0,37	-0,07	-0,02	-0,22	0,26	0,28	0,30	0,29	-0,28
1950/51	-0,23	-0,65	-0,74	-0,47	-0,09	0,16	0,26	-0,13	-0,16	-0,19	-0,18	-0,11
1951/52	-0,04	0,78	0,61	0,43	0,05	0,27	0,36	0,63	0,79	0,80	0,84	0,92
1952/53	0,95	0,29	0,46	0,42	0,34	-0,14	-0,09	-0,54	-0,80	-0,80	-0,87	-1,01
1953/54	-0,60	-0,61	-0,45	-0,60	-0,57	-0,21	-0,31	-0,31	-0,30	-0,31	-0,30	-0,43
1954/55	-1,01	-0,73	-1,29	-0,42	0,09	-0,03	-0,24	-0,12	-0,12	-0,12	-0,10	-0,10
1955/56	0,17	0,30	0,84	0,81	0,47	0,78	1,16	1,14	1,10	1,10	1,12	1,36
1956/57	1,28	0,87	0,37	-0,35	-0,12	-0,57	-0,84	-0,69	-0,59	-0,53	-0,59	-0,81
1957/58	-0,84	-0,60	-0,57	-0,07	-0,32	-0,32	-0,42	-0,65	-0,64	-0,67	-0,61	-0,72
1958/59	-0,90	-1,28	0,19	0,15	0,18	0,40	0,45	0,71	0,63	0,61	0,57	0,75
1959/60	0,95	1,34	0,52	0,49	0,84	0,92	0,98	1,08	1,20	1,19	1,21	1,16
1960/61	1,46	1,56	1,48	1,26	0,72	0,23	0,19	0,20	0,18	0,20	0,17	0,31
1961/62	-0,29	-0,20	-0,06	0,09	0,31	0,80	0,68	0,31	0,33	0,32	0,32	0,22
1962/63	0,54	0,26	0,18	0,75	1,28	0,87	1,19	1,27	1,29	1,28	1,28	1,27
1963/64	0,80	1,28	1,93	1,29	1,23	1,45	1,15	1,04	1,00	1,05	1,05	1,08
1964/65	0,99	0,48	-0,48	-0,24	-0,72	-0,92	-1,06	-1,11	-1,17	-1,24	-1,25	-0,97
1965/66	-0,02	0,31	0,40	0,72	1,15	0,71	1,28	1,26	1,26	1,25	1,27	1,12
1966/67	0,86	0,57	0,37	-0,06	-0,54	-0,27	-0,74	-0,50	-0,39	-0,38	-0,39	-0,50
1967/68	-0,81	-0,52	-0,59	-0,99	-0,44	-0,10	-0,11	-0,22	-0,36	-0,35	-0,33	-0,27
1968/69	-0,43	0,03	0,43	1,03	0,94	1,16	1,10	1,18	1,30	1,29	1,26	1,41
1969/70	1,55	1,36	1,26	1,99	1,39	0,82	0,74	0,74	0,98	0,96	0,97	0,78
1970/71	0,36	0,01	-0,05	-1,05	-1,09	-1,03	-0,38	-0,10	-0,34	-0,30	-0,28	-0,28
1971/72	-0,27	-0,50	-0,52	-0,65	0,16	0,42	-0,15	-0,57	-0,83	-0,82	-0,86	-0,69
1972/73	0,07	0,22	0,52	0,39	-0,25	-0,63	-0,63	-0,36	-0,21	-0,19	-0,18	-0,30
1973/74	-0,99	-1,01	-1,30	-1,54	-1,10	-0,82	-0,38	-0,63	-0,62	-0,67	-0,67	-0,72
1974/75	-0,82	-0,86	-1,38	-1,39	-1,22	-0,59	-0,90	-0,71	-0,74	-0,73	-0,73	-0,58
1975/76	-0,47	-0,68	-0,32	-0,45	-0,57	-1,16	-0,72	-0,92	-0,95	-0,90	-0,80	-0,58
1976/77	-0,16	0,19	0,52	0,98	1,32	1,15	0,75	0,71	0,78	0,82	0,75	0,53
1977/78	0,58	0,58	0,72	0,26	0,20	0,38	0,71	0,92	0,86	0,79	0,78	0,79
1978/79	0,43	0,38	0,57	1,07	1,21	1,28	1,28	1,05	0,98	1,05	1,06	1,10
1979/80	1,70	1,57	0,85	0,31	-0,37	-0,40	-0,58	-0,30	-0,30	-0,39	-0,36	-0,37
1980/81	-1,32	-1,05	-1,30	-1,54	-1,70	-1,76	-1,56	-1,74	-1,76	-1,75	-1,79	-1,67
1981/82	-1,82	-2,48	-0,98	-0,50	-0,30	-0,36	-0,51	-0,62	-0,61	-0,55	-0,49	-0,35
1982/83	-0,40	0,09	-1,04	-1,55	-1,69	-1,86	-1,53	-1,28	-1,25	-1,29	-1,38	-1,71
1983/84	-1,45	-0,46	-0,13	0,07	-0,02	0,35	0,29	0,39	0,50	0,50	0,50	0,49
1984/85	0,53	-0,12	-0,34	0,46	0,98	0,69	0,78	0,66	0,58	0,58	0,57	0,58
1985/86	0,28	0,02	0,04	-0,62	-0,52	-0,41	-0,61	-0,68	-0,76	-0,77	-0,77	-0,32
1986/87	-0,04	-0,20	-0,47	-0,12	-0,27	-0,31	-0,16	-0,22	-0,22	-0,12	-0,03	-0,32
1987/88	-0,05	0,06	0,76	0,73	0,34	0,27	0,01	0,35	0,76	0,80	0,72	0,61
1988/89	0,47	0,68	-0,15	-0,62	-0,49	-0,31	0,00	0,10	-0,36	-0,52	-0,50	-0,29
1989/90	-0,05	0,39	1,68	1,69	1,51	1,47	1,53	1,21	1,21	1,20	1,19	1,09
1990/91	1,12	0,71	-0,56	-0,64	-0,07	0,31	-0,07	-0,16	-0,09	-0,09	-0,10	-0,04
1991/92	-0,47	-0,91	-0,96	-0,98	-1,51	-2,15	-1,95	-1,62	-1,38	-1,36	-1,30	-1,26
1992/93	-1,32	-1,46	-1,16	-1,21	-1,08	-0,91	-0,87	-0,47	-0,67	-0,66	-0,69	-0,66
1993/94	-0,16	0,39	-0,17	0,11	0,46	0,29	0,12	0,06	0,00	0,01	-0,01	-0,13
1994/95	-0,61	-0,97	-0,89	-1,08	-1,39	-1,24	-1,29	-1,77	-1,67	-1,60	-1,61	-1,57
1995/96	-1,83	-1,17	0,05	1,34	1,34	1,48	1,51	1,79	1,74	1,70	1,71	1,82
1996/97	1,83	1,53	1,68	0,90	0,63	0,28	0,41	0,31	0,44	0,49	0,60	0,52
1997/98	0,82	1,88	1,62	1,21	1,45	1,45	1,40	1,45	1,36	1,30	1,20	1,40
1998/99	0,93	-0,55	-1,50	-1,33	-1,67	-1,12	-1,23	-1,61	-1,64	-1,61	-1,58	-1,51

Quadro B.9 SPI regional, numa escala de tempo de 3 meses, de 1932/33 a 1998/99

Ano	SPI-3 meses												
	Hidr.	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1932/33		0,37	0,16	0,38	0,57	0,27	-0,09	-0,69	-0,05	-0,80	0,07	-0,33	-1,23
1933/34		0,27	0,08	0,09	-0,69	-1,36	-0,92	0,13	0,71	0,29	-1,03	-1,15	-1,20
1934/35		-1,92	-1,14	-0,03	-0,23	-0,46	-1,49	-1,08	-0,37	-0,01	0,57	0,06	-0,99
1935/36		-1,32	-0,55	0,10	0,85	1,35	1,58	1,75	1,41	0,78	0,25	-0,09	-1,13
1936/37		-0,98	-0,84	-0,98	0,56	0,46	1,29	0,32	0,48	-1,31	-1,35	-0,91	-0,36
1937/38		0,57	1,26	1,07	0,35	-0,90	-1,47	-0,87	-0,25	0,29	0,26	-0,96	0,90
1938/39		-0,10	-0,71	-0,72	0,38	0,49	0,15	-0,56	-0,69	0,36	0,29	1,15	0,89
1939/40		1,23	0,64	0,32	0,54	1,06	1,13	0,40	-0,06	0,11	0,47	0,62	-0,26
1940/41		0,53	0,18	-0,40	0,44	0,90	1,45	1,28	1,01	0,88	0,33	0,64	0,35
1941/42		-1,65	-0,23	-0,74	-0,30	-1,05	0,32	1,05	1,39	0,65	-0,52	0,07	0,50
1942/43		1,02	0,66	0,77	0,54	0,48	0,68	0,73	0,81	-0,50	-0,82	-0,06	1,25
1943/44		0,46	-0,36	-0,78	-1,49	-1,00	-1,30	-0,45	-0,70	0,26	0,28	1,35	0,16
1944/45		0,04	-0,39	-0,80	-0,95	-1,49	-1,44	-1,91	-1,52	-0,94	-0,47	-0,19	-1,31
1945/46		-0,48	0,17	0,76	0,55	-0,13	-0,37	0,27	1,89	1,72	1,54	-0,86	-0,38
1946/47		-0,10	-0,27	-0,79	-0,51	1,10	2,13	2,39	1,16	-1,14	-0,84	-0,76	0,18
1947/48		0,31	-0,20	-0,16	0,27	0,73	0,56	0,32	0,70	1,03	0,91	-0,94	-1,26
1948/49		-0,36	-1,42	-0,35	-0,71	-0,58	-1,26	-0,87	-0,63	-0,39	-0,55	0,14	1,96
1949/50		0,77	0,79	-0,09	0,08	-0,19	-0,33	-0,58	0,32	0,59	1,31	0,37	-0,21
1950/51		-0,82	-1,20	-0,69	-0,14	0,54	0,76	0,70	0,18	-0,45	-0,19	-0,02	-0,02
1951/52		-0,25	0,97	0,55	0,52	-0,65	0,34	0,62	1,48	1,22	1,44	1,34	0,77
1952/53		0,38	-0,10	-0,33	-0,47	-0,58	-0,67	-0,39	-0,50	-0,53	-1,23	-0,60	-0,09
1953/54		0,74	0,36	0,53	-0,35	-0,49	-0,34	0,07	0,12	-0,97	-1,34	-0,46	-1,28
1954/55		-1,49	-0,38	-0,43	0,52	0,64	1,03	0,31	-0,53	-1,45	-0,53	-0,34	-0,99
1955/56		-0,11	0,43	0,98	1,23	0,83	1,02	1,07	1,40	0,24	-0,85	-0,47	1,02
1956/57		0,65	-0,19	-0,95	-1,63	-0,69	-0,20	0,32	0,25	0,13	0,38	0,28	0,08
1957/58		-0,06	-0,15	-0,37	-0,07	-0,22	0,05	-0,42	-0,70	-1,10	-0,85	0,42	-0,35
1958/59		-0,83	-1,76	0,92	1,14	1,35	0,42	0,28	0,82	-0,05	0,15	-1,25	0,34
1959/60		0,48	0,57	0,57	0,48	0,66	1,01	1,20	1,47	0,98	1,10	0,43	0,09
1960/61		1,27	1,21	0,93	-0,13	-1,03	-1,10	-1,00	0,37	0,85	1,09	0,21	0,71
1961/62		0,32	0,70	0,48	0,45	-0,07	0,47	0,35	0,37	-0,85	-0,31	0,30	-0,02
1962/63		0,84	0,58	0,42	0,67	1,27	1,32	1,24	0,54	0,90	0,33	0,52	-0,20
1963/64		-0,69	0,52	1,30	1,16	1,15	0,81	1,12	0,15	-0,86	-0,12	0,51	0,34
1964/65		-0,81	-0,96	-1,33	-0,63	-0,26	0,28	-0,14	-0,98	-2,36	-1,16	-0,41	1,02
1965/66		1,63	1,58	0,95	0,51	0,93	0,74	1,04	-0,32	0,66	-1,10	-0,07	0,09
1966/67		0,91	0,34	-0,38	-1,20	-0,53	-0,12	-0,02	-0,36	0,28	0,42	0,54	-0,82
1967/68		0,01	0,13	-0,39	-1,27	-0,34	0,47	1,15	0,10	-0,64	-0,70	-0,17	-0,11
1968/69		-0,21	0,76	0,74	1,03	0,93	1,44	1,36	0,92	0,08	0,55	0,56	0,69
1969/70		0,80	0,93	0,30	1,36	0,88	0,97	-1,72	-0,99	0,70	1,36	1,83	-1,12
1970/71		-1,69	-1,48	-1,42	-0,12	-0,38	-0,26	-0,24	1,13	1,94	1,50	1,14	-0,49
1971/72		-1,49	-2,72	-1,97	-0,57	0,53	0,95	0,52	-0,60	-1,79	-0,66	-0,60	0,32
1972/73		1,10	0,56	0,53	-0,03	-0,10	-0,70	-2,10	-1,05	-0,09	0,89	0,61	-0,29
1973/74		-0,82	-0,99	-0,68	-0,47	-0,13	-0,17	0,26	-0,08	0,41	-0,06	0,48	-1,35
1974/75		-2,08	-1,46	-1,75	-1,09	-0,52	0,61	0,76	0,78	-0,05	0,37	0,15	-0,04
1975/76		-0,54	-1,27	-0,91	-0,89	-0,31	-0,57	0,28	-0,03	0,38	-0,62	0,66	1,37
1976/77		1,14	0,84	0,87	0,86	1,25	0,60	-0,19	-2,98	-1,23	0,03	1,03	0,05
1977/78		0,64	0,51	1,08	0,41	0,81	0,14	0,73	0,32	0,72	0,48	0,14	-0,64
1978/79		-0,44	-0,42	0,74	1,14	1,70	1,22	1,22	0,01	-0,31	-0,68	0,28	0,34
1979/80		1,57	0,81	0,23	-1,88	-1,18	-0,49	-0,22	0,08	-0,07	0,16	-0,17	-0,01
1980/81		0,03	-0,24	-1,04	-1,90	-2,75	-1,54	-0,49	-0,19	-0,12	-0,61	-0,61	0,35
1981/82		-0,21	-1,31	0,17	0,32	0,74	-0,43	-0,60	-1,33	-1,15	-1,08	0,35	1,22
1982/83		0,14	0,16	-0,70	-1,01	-1,85	-2,38	-0,77	-0,55	0,34	-0,26	-0,30	-0,45
1983/84		-0,29	1,35	1,27	0,99	-0,74	-0,84	-0,26	0,54	0,78	0,66	0,48	-0,50
1984/85		-0,09	0,40	0,27	0,87	0,93	0,78	0,45	-0,31	0,44	-0,17	-0,13	-0,69
1985/86		-1,80	-0,96	-0,70	-0,20	0,36	0,21	0,39	-0,94	-0,67	-1,17	-1,13	1,31
1986/87		0,74	0,28	-0,84	-0,27	0,29	0,34	0,28	-0,84	-0,35	-1,30	0,55	0,89
1987/88		0,91	0,47	0,91	0,80	0,65	-0,47	-1,64	-0,78	1,18	1,91	2,17	0,10
1988/89		0,11	0,32	-0,22	-0,75	-1,28	-0,83	-0,13	0,67	1,09	0,72	-0,76	0,48
1989/90		1,08	1,61	2,27	1,63	0,75	-1,17	-0,32	0,00	0,31	-1,21	-0,94	-0,59
1990/91		0,94	0,74	0,43	-0,67	-0,39	0,29	0,61	-0,21	-1,28	-1,41	-0,25	-0,21
1991/92		0,17	-0,63	-0,86	-1,43	-1,23	-1,49	-1,01	-0,64	0,51	0,54	1,11	0,38
1992/93		0,19	-0,88	-0,48	-0,94	-0,56	-1,15	-0,50	0,59	0,99	1,01	-0,09	0,34
1993/94		1,12	1,16	0,37	-0,34	-0,43	-0,25	-0,50	-0,49	0,18	0,64	-1,10	-0,79
1994/95		-0,25	-0,29	-0,61	-0,86	-0,93	-0,93	-1,11	-1,83	-1,13	-0,48	-0,04	-0,20
1995/96		-1,11	0,39	1,39	2,45	2,05	1,40	-0,33	0,47	0,31	0,78	-1,13	0,43
1996/97		-0,01	-0,21	0,94	1,29	1,02	-0,66	-1,94	-0,40	0,80	1,03	1,24	0,80
1997/98		0,95	2,13	2,18	1,62	0,20	-0,86	-0,84	-0,10	0,58	0,80	-0,91	0,98
1998/99		-0,06	-0,80	-2,24	-1,27	-1,28	-0,50	-0,81	-0,21	-0,77	-0,46	-0,73	1,30

Quadro C.1 Resultados dos testes de verificação da propriedade de Markov, $Q^2(0)$ (ordem 0 *versus* ordem 1) e $Q^2(1)$ e RV(1) (ordem 1 *versus* ordem 2 ou superior) nas séries de SPI-12, para os 49 postos e região

Posto	Ordem 0 <i>versus</i> ordem 1			Ordem 1 <i>versus</i> ordem 2 ou superior				Rejeição
	gl	$Q^2(0)$	gl	$Q^2(1)$	<i>p-value</i>	RV(1)	<i>p-value</i>	
16L03	9	1234.81	21	46.59	0.00	38.86	0.01	
17J01	9	1147.44	21	43.85	0.00	36.15	0.02	
17L02	9	983.50	23	56.62	0.00	49.07	0.00	**
17M01	9	1164.92	16	23.94	0.09	20.35	0.20	
18G01	9	1099.35	25	44.87	0.01	45.96	0.01	**
18M01	9	623.28	26	41.25	0.03	32.57	0.18	
19G02	9	1125.88	23	39.92	0.02	41.56	0.01	
19J03	9	1282.55	18	31.03	0.03	33.48	0.01	
19L01	9	1057.54	26	63.56	0.00	50.91	0.00	**
19L02	9	1043.33	21	19.77	0.54	19.76	0.54	
19M01	9	1140.94	26	36.49	0.08	32.03	0.19	
19N01	9	1283.31	21	24.09	0.29	22.48	0.37	
20I01	9	1128.41	21	26.32	0.19	22.38	0.38	
20L01	9	1222.79	21	54.34	0.00	34.39	0.03	
20O01	9	1011.68	21	36.80	0.02	35.63	0.02	
21F01	9	1084.38	23	33.94	0.07	36.69	0.04	
21G02	9	1106.07	21	42.57	0.00	33.91	0.04	
21J02	9	1204.94	30	30.35	0.45	23.00	0.82	
21K01	9	1258.39	18	55.03	0.00	30.45	0.03	
21M01	9	1234.97	26	44.66	0.01	32.01	0.19	
21M02	9	1194.03	26	33.31	0.15	32.63	0.17	
22E01	9	1154.39	21	32.67	0.05	32.14	0.06	
22H01	9	1068.69	26	56.49	0.00	45.80	0.01	**
22J01	9	1035.05	20	39.67	0.01	40.24	0.00	**
23F01	9	1149.21	21	33.52	0.04	29.21	0.11	
23G01	9	1051.00	21	40.58	0.01	34.05	0.04	
24F01	9	1144.10	21	31.37	0.07	29.08	0.11	
24H01	9	1014.42	21	18.62	0.61	18.25	0.63	
24I01	9	1001.49	26	30.10	0.26	25.99	0.46	
24J03	9	1175.52	21	22.62	0.36	23.28	0.33	
24N01	9	1187.49	26	45.05	0.01	35.73	0.10	
25J02	9	1138.71	25	44.12	0.01	26.09	0.40	
25P01	9	953.54	25	22.04	0.63	24.50	0.49	
26F01	9	1107.65	25	57.13	0.00	48.83	0.00	**
26G01	9	1113.69	23	21.94	0.52	22.37	0.50	
26J01	9	1190.49	21	33.13	0.04	30.27	0.09	
26L01	9	1117.80	24	36.27	0.05	34.17	0.08	
27E01	9	1002.20	26	63.56	0.00	49.02	0.00	**
27G01	9	1052.84	30	36.25	0.20	31.95	0.37	
27H01	9	1180.16	30	47.06	0.02	38.17	0.15	
27I01	9	1041.68	21	32.08	0.06	29.12	0.11	
27K01	9	1191.21	21	53.06	0.00	42.07	0.00	**
28H01	9	1111.71	24	42.04	0.01	34.86	0.07	
28I01	9	1097.63	21	45.80	0.00	35.76	0.02	
29G01	9	1278.30	21	16.11	0.76	17.04	0.71	
29G02	9	1129.03	21	24.33	0.28	21.53	0.43	
30F01	9	1125.19	24	49.93	0.00	39.68	0.02	
30F01	9	1062.12	21	61.44	0.00	49.25	0.00	**
30H03	9	1137.47	24	51.31	0.00	41.15	0.02	
Região	9	1077,13	28	30,96	0,32	25,93	0,58	

Quadro C.2 Probabilidades empíricas e probabilidades teóricas derivadas do modelo de Markov de ordem 1 para as classes de seca nos 49 postos e região

Posto	Probabilidades empíricas e teóricas para as classes de seca							
	Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
	N	1	2	3	N	1	2	3
16L03	0,4988	0,3221	0,1206	0,0585	0,5017	0,3241	0,1171	0,0571
17J01	0,4975	0,3383	0,0883	0,0759	0,4975	0,3383	0,0883	0,0759
17L02 (a)	0,5025	0,3209	0,0983	0,0784	0,4990	0,3187	0,0995	0,0828
17M01	0,5075	0,3047	0,1306	0,0572	0,5075	0,3047	0,1306	0,0572
18G01 (a)	0,5174	0,3060	0,1007	0,0759	0,5174	0,3060	0,1007	0,0759
18M01	0,4826	0,3644	0,0933	0,0597	0,4803	0,3623	0,0963	0,0611
19G02	0,5050	0,3109	0,1206	0,0634	0,5009	0,3084	0,1251	0,0656
19J03	0,5299	0,2960	0,0808	0,0933	0,5267	0,2937	0,0838	0,0958
19L01 (a)	0,4913	0,3234	0,1231	0,0622	0,4893	0,3213	0,1259	0,0635
19L02	0,5075	0,3060	0,1020	0,0846	0,5075	0,3060	0,1020	0,0846
19M01	0,4950	0,3346	0,0933	0,0771	0,4994	0,3377	0,0915	0,0714
19N01	0,5199	0,2935	0,1082	0,0784	0,5090	0,2953	0,1141	0,0816
20I01	0,4677	0,3682	0,0920	0,0721	0,4693	0,3693	0,0931	0,0683
20L01	0,5012	0,3221	0,1095	0,0672	0,4996	0,3210	0,1082	0,0712
20O01	0,4677	0,3794	0,1144	0,0386	0,4653	0,3774	0,1179	0,0394
21F01	0,5050	0,3097	0,1095	0,0759	0,5010	0,3071	0,1108	0,0811
21G02	0,5050	0,3184	0,1057	0,0709	0,5021	0,3166	0,1088	0,0726
21J02	0,5149	0,3358	0,0846	0,0647	0,5091	0,3317	0,0863	0,0729
21K01	0,4876	0,3595	0,0821	0,0709	0,4818	0,3552	0,0843	0,0787
21M01	0,4876	0,3483	0,0995	0,0647	0,4846	0,3456	0,1031	0,0668
21M02	0,5124	0,3209	0,0846	0,0821	0,4999	0,3212	0,0873	0,0916
22E01	0,5299	0,3022	0,0784	0,0896	0,5299	0,3022	0,0784	0,0895
22H01 (a)	0,5149	0,3072	0,0920	0,0858	0,5097	0,3038	0,0942	0,0922
22J01 (a)	0,4988	0,3184	0,1119	0,0709	0,4942	0,3155	0,1148	0,0756
23E01	0,5012	0,3520	0,0784	0,0684	0,4966	0,3478	0,0803	0,0753
23G01	0,4963	0,3483	0,0771	0,0784	0,4911	0,3446	0,0793	0,0850
24F01	0,5037	0,3209	0,0958	0,0796	0,5013	0,3197	0,0943	0,0846
24H01	0,5037	0,3221	0,1007	0,0734	0,5037	0,3221	0,1007	0,0734
24I01	0,4988	0,3284	0,1057	0,0672	0,4967	0,3265	0,1082	0,0685
24J03	0,5224	0,2960	0,1070	0,0746	0,5157	0,3001	0,1085	0,0757
24N01	0,4789	0,3458	0,1095	0,0659	0,4763	0,3435	0,1130	0,0672
25J02	0,4851	0,3607	0,0908	0,0634	0,4824	0,3584	0,0938	0,0654
25P01	0,4863	0,3433	0,1007	0,0697	0,4829	0,3404	0,1029	0,0738
26F01 (a)	0,5410	0,2823	0,0821	0,0945	0,5367	0,2797	0,0856	0,0980
26G01	0,5236	0,3022	0,0945	0,0796	0,5198	0,2997	0,0981	0,0824
26J01	0,5075	0,3246	0,0920	0,0759	0,5046	0,3217	0,0955	0,0782
26L01	0,5162	0,3184	0,0983	0,0672	0,5091	0,3230	0,0997	0,0681
27E01 (a)	0,5211	0,2998	0,1032	0,0759	0,5196	0,2989	0,1022	0,0793
27G01	0,5162	0,3122	0,0771	0,0945	0,5132	0,3098	0,0798	0,0971
27H01	0,4826	0,3433	0,0871	0,0871	0,4774	0,3393	0,0888	0,0945
27I01	0,5075	0,3458	0,0535	0,0933	0,4959	0,3451	0,0556	0,1035
27K01 (a)	0,4801	0,3632	0,0846	0,0721	0,4778	0,3610	0,0873	0,0738
28H01	0,4988	0,3308	0,0908	0,0796	0,4947	0,3271	0,0927	0,0855
28I01	0,4863	0,3682	0,0709	0,0746	0,4845	0,3668	0,0698	0,0789
29G01	0,5137	0,3371	0,0647	0,0846	0,5077	0,3320	0,0670	0,0933
29G02	0,4938	0,3284	0,1032	0,0746	0,4912	0,3263	0,1062	0,0764
30E01	0,5124	0,3383	0,0746	0,0746	0,5013	0,3392	0,0776	0,0819
30F01 (a)	0,5323	0,2935	0,0908	0,0833	0,5293	0,2919	0,0934	0,0854
30H03	0,5087	0,3197	0,1070	0,0647	0,5051	0,3162	0,1090	0,0697
Região	0,4907	0,3325	0,0872	0,0897	0,4893	0,3313	0,0862	0,0932

N–Não-seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.3 Tempo esperado de permanência ininterrupta nas classes de seca nos 49 postos e na região

Posto	Tempo esperado de permanência ininterrupta nas classes de seca (meses)							
	Empírico				Teórico (Modelo Markov)			
	N	1	2	3	N	1	2	3
16L03	12,15	4,33	2,77	4,27	12,15	4,39	2,77	4,27
17J01	10,00	4,12	2,18	4,69	10,00	4,12	2,22	4,69
17L02 (a)	9,18	3,63	2,26	3,05	9,18	3,63	2,26	3,15
17M01	16,32	4,30	2,30	3,54	16,32	4,30	2,33	3,54
18G01 (a)	10,67	3,90	2,16	3,81	10,67	3,90	2,19	3,81
18M01	9,24	4,44	2,05	2,82	9,24	4,44	2,08	2,82
19G02	8,88	3,50	2,13	5,77	8,87	3,50	2,17	5,77
19J03	14,00	5,00	2,97	3,92	14,00	5,00	3,03	3,92
19L01 (a)	10,68	3,82	2,27	3,33	10,68	3,82	2,30	3,33
19L02	12,00	3,92	2,10	3,09	12,00	3,97	2,10	3,09
19M01	10,76	4,43	2,27	3,88	10,76	4,48	2,27	3,87
19N01	11,30	4,21	3,26	4,50	11,30	4,21	3,35	4,50
20I01	10,44	5,02	2,08	3,62	10,44	5,02	2,11	3,62
20L01	16,79	5,18	2,38	3,67	16,79	5,18	2,38	3,86
20O01	11,75	5,08	2,38	2,07	11,75	5,08	2,42	2,07
21F01	10,97	3,95	2,32	3,44	10,97	3,95	2,32	3,59
21G02	9,67	3,71	2,26	4,38	9,67	3,71	2,30	4,38
21J02	10,62	4,43	2,27	5,30	10,62	4,43	2,27	5,77
21K01	10,05	4,74	2,64	5,27	10,05	4,74	2,64	5,70
21M01	13,52	5,49	2,38	4,00	13,52	5,49	2,42	4,00
21M02	11,14	4,53	2,12	5,15	11,14	4,53	2,13	5,50
22E01	12,17	4,34	2,10	4,56	12,17	4,34	2,10	4,80
22H01 (a)	10,62	3,98	2,00	3,68	10,62	3,98	2,00	3,83
22J01 (a)	11,79	4,34	2,20	2,52	11,79	4,34	2,20	2,59
23E01	9,60	4,64	2,25	4,31	9,60	4,64	2,25	4,58
23G01	7,98	4,12	2,14	3,56	7,98	4,12	2,14	3,71
24F01	10,38	4,10	2,20	4,64	10,38	4,10	2,20	4,92
24H01	10,12	3,61	1,84	3,69	10,12	3,65	1,84	3,69
24I01	10,84	3,88	1,79	3,18	10,84	3,88	1,81	3,18
24J03	11,05	3,98	2,61	4,00	11,05	4,03	2,61	4,00
24N01	10,41	4,41	2,70	4,08	10,41	4,41	2,75	4,08
25J02	10,00	4,68	2,11	4,25	10,00	4,68	2,15	4,25
25P01	8,89	4,00	2,19	2,48	8,89	4,00	2,19	2,55
26F01 (a)	10,61	3,85	2,16	4,00	10,61	3,85	2,20	4,00
26G01	10,79	4,12	2,26	3,56	10,79	4,12	2,30	3,56
26J01	9,71	4,21	2,59	4,69	9,71	4,21	2,64	4,69
26L01	11,53	4,43	2,32	3,38	11,53	4,49	2,32	3,37
27E01 (a)	11,03	3,65	1,89	3,26	11,03	3,65	1,89	3,39
27G01	10,12	3,98	1,70	4,22	10,12	3,98	1,72	4,22
27H01	9,95	4,60	2,26	4,73	9,95	4,60	2,26	5,00
27I01	8,87	4,21	1,43	5,43	8,87	4,21	1,43	5,77
27K01 (a)	11,70	4,87	2,16	4,83	11,70	4,87	2,19	4,83
28H01	11,14	4,51	2,15	3,61	11,14	4,51	2,15	3,76
28I01	11,50	5,10	1,68	4,07	11,50	5,10	1,68	4,29
29G01	13,32	6,16	2,26	4,60	13,32	6,15	2,26	4,86
29G02	12,03	4,26	2,10	4,00	12,03	4,26	2,13	4,00
30E01	10,05	4,77	2,14	3,59	10,05	4,77	2,14	3,75
30F01 (a)	10,70	3,47	1,85	4,47	10,70	3,47	1,87	4,47
30H03	13,19	4,67	2,46	3,12	13,19	4,67	2,46	3,25
Região	11,26	4,85	1,84	3,48	11,26	4,85	1,84	3,60

N–Não–seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.4 Probabilidades empíricas e probabilidades teóricas derivadas do modelo de Markov de ordem 1 (formulação não homogênea, meses de Outubro, Janeiro e Abril) para as classes de seca em 49 postos e na região (continua)

Posto	Mês	Probabilidades empíricas e teóricas para as classes de seca dado o mês							
		Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
		N	1	2	3	N	1	2	3
16L03	OUT	0,5075	0,2687	0,1642	0,0597	0,5107	0,2762	0,1532	0,0599
	JAN	0,4925	0,2985	0,1791	0,0299	0,4966	0,2978	0,1771	0,0286
	ABR	0,4776	0,3284	0,1194	0,0746	0,4802	0,3276	0,1185	0,0737
17J01	OUT	0,4925	0,3134	0,1045	0,0896	0,4925	0,3134	0,1045	0,0896
	JAN	0,4925	0,3433	0,0896	0,0746	0,4925	0,3433	0,0896	0,0746
	ABR	0,4776	0,3582	0,0746	0,0896	0,4776	0,3582	0,0746	0,0896
17L02 (a)	OUT	0,5075	0,2985	0,1194	0,0746	0,5027	0,2901	0,1185	0,0888
	JAN	0,5075	0,3134	0,1045	0,0746	0,5033	0,3156	0,1046	0,0766
	ABR	0,4925	0,3284	0,1045	0,0746	0,4905	0,3289	0,1052	0,0754
17M01	OUT	0,5075	0,2985	0,1642	0,0299	0,5075	0,2985	0,1642	0,0298
	JAN	0,5224	0,2687	0,1642	0,0448	0,5224	0,2687	0,1642	0,0448
	ABR	0,5224	0,3284	0,0746	0,0746	0,5224	0,3284	0,0746	0,0746
18G01 (a)	OUT	0,4925	0,2985	0,1642	0,0448	0,4925	0,2985	0,1642	0,0448
	JAN	0,5075	0,3284	0,0746	0,0896	0,5075	0,3284	0,0746	0,0896
	ABR	0,5373	0,2687	0,1343	0,0597	0,5373	0,2687	0,1343	0,0597
18M01	OUT	0,4328	0,4179	0,1045	0,0448	0,4305	0,4095	0,1120	0,0480
	JAN	0,5224	0,2687	0,1642	0,0448	0,5202	0,2695	0,1649	0,0455
	ABR	0,4478	0,4030	0,0896	0,0597	0,4467	0,4030	0,0902	0,0601
19G02	OUT	0,5522	0,2687	0,0896	0,0896	0,5519	0,2649	0,0942	0,0890
	JAN	0,4925	0,3731	0,0448	0,0896	0,4918	0,3732	0,0449	0,0902
	ABR	0,4925	0,3582	0,0597	0,0896	0,4921	0,3581	0,0598	0,0900
19J03	OUT	0,5075	0,3284	0,1045	0,0597	0,5021	0,3252	0,1123	0,0603
	JAN	0,5373	0,2388	0,1791	0,0448	0,5335	0,2393	0,1815	0,0457
	ABR	0,5075	0,2985	0,1493	0,0448	0,5048	0,2991	0,1506	0,0455
19L01 (a)	OUT	0,5075	0,3433	0,1045	0,0448	0,5045	0,3429	0,1077	0,0449
	JAN	0,4925	0,3284	0,1045	0,0746	0,4914	0,3286	0,1047	0,0753
	ABR	0,5075	0,3134	0,1194	0,0597	0,5068	0,3135	0,1197	0,0600
19L02	OUT	0,5224	0,2985	0,1045	0,0746	0,5224	0,2985	0,1045	0,0746
	JAN	0,4776	0,3433	0,1194	0,0597	0,4776	0,3433	0,1194	0,0597
	ABR	0,4627	0,3731	0,0746	0,0896	0,4627	0,3731	0,0746	0,0896
19M01	OUT	0,5075	0,3134	0,0896	0,0896	0,5123	0,3212	0,0871	0,0794
	JAN	0,5224	0,2985	0,1493	0,0299	0,5273	0,2981	0,1454	0,0292
	ABR	0,4179	0,4478	0,0896	0,0448	0,4212	0,4464	0,0884	0,0440
19N01	OUT	0,4925	0,3284	0,1045	0,0746	0,4768	0,3331	0,1142	0,0759
	JAN	0,5224	0,3134	0,0896	0,0746	0,5148	0,3159	0,0918	0,0775
	ABR	0,5075	0,2985	0,1343	0,0597	0,5029	0,2989	0,1368	0,0614
20I01	OUT	0,5075	0,2985	0,1343	0,0597	0,5083	0,3005	0,1408	0,0504
	JAN	0,4478	0,3582	0,1493	0,0448	0,4494	0,3583	0,1482	0,0440
	ABR	0,4328	0,4328	0,0448	0,0896	0,4340	0,4326	0,0446	0,0888
20L01	OUT	0,5075	0,2687	0,1493	0,0746	0,5055	0,2661	0,1395	0,0889
	JAN	0,5373	0,2985	0,1045	0,0597	0,5345	0,2973	0,1064	0,0618
	ABR	0,4925	0,3284	0,1194	0,0597	0,4902	0,3284	0,1205	0,0609
20O01	OUT	0,4627	0,3433	0,1343	0,0597	0,4585	0,3385	0,1379	0,0651
	JAN	0,5075	0,3284	0,1343	0,0299	0,5035	0,3296	0,1362	0,0307
	ABR	0,4478	0,4328	0,0746	0,0448	0,4454	0,4337	0,0755	0,0453
21F01	OUT	0,5224	0,2985	0,1045	0,0746	0,5184	0,2912	0,1027	0,0877
	JAN	0,5075	0,2836	0,1493	0,0597	0,5042	0,2846	0,1507	0,0605
	ABR	0,4776	0,3582	0,0597	0,1045	0,4756	0,3588	0,0601	0,1055
21G02	OUT	0,4776	0,3433	0,1045	0,0746	0,4745	0,3398	0,1055	0,0802
	JAN	0,4925	0,3433	0,0896	0,0746	0,4901	0,3434	0,0899	0,0766
	ABR	0,5075	0,2985	0,1343	0,0597	0,5058	0,2982	0,1353	0,0608

N–Não–seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.4 Probabilidades empíricas e probabilidades teóricas derivadas do modelo de Markov de ordem 1 (formulação não homogênea, meses de Outubro, Janeiro e Abril) para as classes de seca em 49 postos e na região (continuação)

		Probabilidades empíricas e teóricas para as classes de seca dado o mês							
Posto	Mês	Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
		N	1	2	3	N	1	2	3
21J02	OUT	0,4627	0,3731	0,1194	0,0448	0,4563	0,3634	0,1183	0,0620
	JAN	0,5373	0,2836	0,0597	0,1194	0,5286	0,2805	0,0590	0,1320
	ABR	0,5224	0,3433	0,0746	0,0597	0,5154	0,3423	0,0775	0,0648
21K01	OUT	0,4776	0,3582	0,1045	0,0597	0,4727	0,3490	0,1072	0,0711
	JAN	0,4925	0,3134	0,1493	0,0448	0,4873	0,3147	0,1528	0,0452
	ABR	0,4776	0,3731	0,0448	0,1045	0,4747	0,3740	0,0454	0,1059
21M01	OUT	0,5075	0,3284	0,0746	0,0896	0,5045	0,3218	0,0782	0,0955
	JAN	0,4925	0,2985	0,1493	0,0597	0,4895	0,2984	0,1511	0,0610
	ABR	0,4478	0,4179	0,0746	0,0597	0,4457	0,4185	0,0753	0,0606
21M02	OUT	0,5522	0,2537	0,1194	0,0746	0,5343	0,2531	0,1241	0,0884
	JAN	0,5224	0,3134	0,1045	0,0597	0,5122	0,3155	0,1074	0,0648
	ABR	0,4925	0,3433	0,0746	0,0896	0,4861	0,3440	0,0762	0,0938
22E01	OUT	0,5075	0,2985	0,1045	0,0896	0,5075	0,2985	0,1045	0,0895
	JAN	0,5224	0,3134	0,0896	0,0746	0,5224	0,3134	0,0896	0,0746
	ABR	0,5672	0,2687	0,0597	0,1045	0,5672	0,2687	0,0597	0,1045
22H01 (a)	OUT	0,5075	0,3134	0,1194	0,0597	0,5022	0,3044	0,1202	0,0733
	JAN	0,5075	0,2985	0,1343	0,0597	0,5025	0,2971	0,1380	0,0624
	ABR	0,5075	0,3134	0,1343	0,0448	0,5037	0,3128	0,1375	0,0461
22J01 (a)	OUT	0,5075	0,3284	0,0896	0,0746	0,5030	0,3219	0,0913	0,0839
	JAN	0,4925	0,3284	0,0896	0,0896	0,4878	0,3278	0,0916	0,0928
	ABR	0,4925	0,3134	0,1343	0,0597	0,4889	0,3136	0,1367	0,0609
23E01	OUT	0,4776	0,3433	0,0896	0,0896	0,4731	0,3329	0,0871	0,1069
	JAN	0,4925	0,3582	0,1194	0,0299	0,4862	0,3584	0,1243	0,0312
	ABR	0,5522	0,3284	0,0448	0,0746	0,5479	0,3294	0,0454	0,0773
23G01	OUT	0,4627	0,3881	0,1045	0,0448	0,4578	0,3769	0,1096	0,0558
	JAN	0,5075	0,3284	0,1045	0,0597	0,5015	0,3292	0,1063	0,0629
	ABR	0,4627	0,3731	0,0746	0,0896	0,4595	0,3730	0,0760	0,0916
24F01	OUT	0,5224	0,3134	0,0896	0,0746	0,5217	0,3078	0,0879	0,0826
	JAN	0,5075	0,3284	0,0597	0,1045	0,5066	0,3274	0,0600	0,1060
	ABR	0,5075	0,2985	0,1045	0,0896	0,5066	0,2984	0,1045	0,0905
24H01	OUT	0,5373	0,2985	0,0896	0,0746	0,5373	0,2985	0,0896	0,0746
	JAN	0,4925	0,3134	0,1194	0,0746	0,4925	0,3134	0,1194	0,0746
	ABR	0,4925	0,3134	0,1343	0,0597	0,4925	0,3134	0,1343	0,0597
24I01	OUT	0,5224	0,2836	0,1493	0,0448	0,5173	0,2808	0,1569	0,0450
	JAN	0,5075	0,3284	0,1045	0,0597	0,5047	0,3295	0,1051	0,0606
	ABR	0,4925	0,3433	0,1194	0,0448	0,4908	0,3440	0,1200	0,0451
24J03	OUT	0,5373	0,2687	0,0896	0,1045	0,5234	0,2794	0,0920	0,1052
	JAN	0,4925	0,3582	0,0896	0,0597	0,4895	0,3592	0,0908	0,0606
	ABR	0,5373	0,2836	0,1045	0,0746	0,5351	0,2843	0,1050	0,0755
24N01	OUT	0,5224	0,2985	0,1045	0,0746	0,5170	0,2969	0,1088	0,0773
	JAN	0,4776	0,3582	0,0746	0,0896	0,4747	0,3583	0,0755	0,0915
	ABR	0,5075	0,2985	0,1343	0,0597	0,5055	0,2988	0,1353	0,0604
25J02	OUT	0,5075	0,3284	0,0896	0,0746	0,5031	0,3262	0,0918	0,0790
	JAN	0,4478	0,3881	0,1343	0,0299	0,4453	0,3883	0,1359	0,0305
	ABR	0,4776	0,3731	0,0597	0,0896	0,4760	0,3736	0,0599	0,0906
25P01	OUT	0,5373	0,2985	0,1045	0,0597	0,5328	0,2901	0,1126	0,0645
	JAN	0,4478	0,3582	0,1493	0,0448	0,4446	0,3585	0,1513	0,0456
	ABR	0,4478	0,3433	0,1642	0,0448	0,4457	0,3436	0,1654	0,0453
26F01 (a)	OUT	0,5821	0,2239	0,1045	0,0896	0,5737	0,2168	0,1192	0,0903
	JAN	0,5075	0,3134	0,0896	0,0896	0,5019	0,3139	0,0913	0,0929
	ABR	0,5672	0,2836	0,0299	0,1194	0,5631	0,2842	0,0302	0,1226

N–Não–seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.4 Probabilidades empíricas e probabilidades teóricas derivadas do modelo de Markov de ordem 1 (formulação não homogênea, meses de Outubro, Janeiro e Abril) para as classes de seca em 49 postos e na região (continuação)

		Probabilidades empíricas e teóricas para as classes de seca dado o mês							
		Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
		N	1	2	3	N	1	2	3
26G01	OUT	0,5373	0,2687	0,1194	0,0746	0,5318	0,2673	0,1264	0,0746
	JAN	0,5224	0,2836	0,1045	0,0896	0,5196	0,2840	0,1055	0,0909
	ABR	0,5522	0,2836	0,0448	0,1194	0,5504	0,2839	0,0451	0,1207
26J01	OUT	0,5522	0,2836	0,0746	0,0896	0,5490	0,2737	0,0814	0,0960
	JAN	0,4925	0,3284	0,1194	0,0597	0,4890	0,3273	0,1210	0,0626
	ABR	0,5224	0,2985	0,1045	0,0746	0,5198	0,2984	0,1053	0,0765
26L01	OUT	0,5522	0,2836	0,0597	0,1045	0,5417	0,2913	0,0612	0,1059
	JAN	0,4627	0,3731	0,0896	0,0746	0,4584	0,3748	0,0909	0,0759
	ABR	0,5075	0,3433	0,0746	0,0746	0,5049	0,3443	0,0752	0,0757
27E01 (a)	OUT	0,5522	0,2537	0,1194	0,0746	0,5515	0,2514	0,1096	0,0874
	JAN	0,4776	0,3284	0,1493	0,0448	0,4762	0,3283	0,1497	0,0458
	ABR	0,5522	0,2836	0,0597	0,1045	0,5511	0,2839	0,0600	0,1050
27G01	OUT	0,4925	0,3433	0,0597	0,1045	0,4894	0,3435	0,0577	0,1094
	JAN	0,5224	0,3134	0,0597	0,1045	0,5203	0,3133	0,0601	0,1063
	ABR	0,5373	0,2388	0,1493	0,0746	0,5357	0,2386	0,1503	0,0755
27H01	OUT	0,4776	0,3284	0,1194	0,0746	0,4722	0,3191	0,1219	0,0868
	JAN	0,4776	0,3284	0,1045	0,0896	0,4726	0,3274	0,1066	0,0935
	ABR	0,4776	0,3582	0,0896	0,0746	0,4740	0,3584	0,0910	0,0767
27I01	OUT	0,5224	0,3284	0,0448	0,1045	0,5071	0,3250	0,0476	0,1202
	JAN	0,5224	0,3134	0,0746	0,0896	0,5130	0,3169	0,0755	0,0945
	ABR	0,4627	0,3582	0,0896	0,0896	0,4580	0,3578	0,0911	0,0931
27K01 (a)	OUT	0,4925	0,3582	0,0299	0,1194	0,4880	0,3509	0,0332	0,1279
	JAN	0,4925	0,3284	0,1343	0,0448	0,4882	0,3276	0,1369	0,0474
	ABR	0,4776	0,3433	0,1194	0,0597	0,4745	0,3438	0,1198	0,0620
28H01	OUT	0,5373	0,2687	0,1045	0,0896	0,5319	0,2601	0,1061	0,1019
	JAN	0,4925	0,3134	0,1194	0,0746	0,4890	0,3132	0,1197	0,0781
	ABR	0,5075	0,3284	0,0597	0,1045	0,5048	0,3286	0,0605	0,1061
28I01	OUT	0,4925	0,3284	0,0746	0,1045	0,4914	0,3196	0,0747	0,1143
	JAN	0,4776	0,3731	0,1045	0,0448	0,4745	0,3745	0,1055	0,0455
	ABR	0,4478	0,3881	0,1194	0,0448	0,4461	0,3884	0,1202	0,0453
29G01	OUT	0,5373	0,3134	0,0746	0,0746	0,5317	0,3037	0,0769	0,0877
	JAN	0,5075	0,3433	0,0896	0,0597	0,5055	0,3422	0,0905	0,0618
	ABR	0,5373	0,3134	0,0746	0,0746	0,5355	0,3132	0,0757	0,0757
29G02	OUT	0,5373	0,2687	0,0896	0,1045	0,5317	0,2631	0,0912	0,1140
	JAN	0,4925	0,3134	0,1493	0,0448	0,4885	0,3127	0,1519	0,0470
	ABR	0,5075	0,3433	0,0896	0,0597	0,5043	0,3442	0,0905	0,0611
30E01	OUT	0,4925	0,3582	0,0746	0,0746	0,4788	0,3566	0,0780	0,0866
	JAN	0,4776	0,3731	0,0896	0,0597	0,4698	0,3753	0,0916	0,0633
	ABR	0,5075	0,3582	0,0448	0,0896	0,5028	0,3593	0,0457	0,0922
30F01 (a)	OUT	0,5522	0,2687	0,0896	0,0896	0,5477	0,2605	0,0991	0,0927
	JAN	0,5224	0,2836	0,1194	0,0746	0,5190	0,2846	0,1209	0,0756
	ABR	0,5373	0,2687	0,1045	0,0896	0,5355	0,2691	0,1051	0,0904
30H03	OUT	0,5373	0,2687	0,1045	0,0896	0,5309	0,2599	0,1031	0,1060
	JAN	0,4925	0,2687	0,1940	0,0448	0,4876	0,2682	0,1975	0,0467
	ABR	0,4925	0,3433	0,0746	0,0896	0,4886	0,3447	0,0755	0,0912
Região	OUT	0,5075	0,2985	0,1194	0,0746	0,5075	0,2985	0,1075	0,0866
	JAN	0,5075	0,2985	0,1045	0,0896	0,5075	0,2985	0,1045	0,0896
	ABR	0,4776	0,3433	0,0746	0,1045	0,4776	0,3433	0,0746	0,1045

N–Não–seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.5 Tempo esperado de permanência ininterrupta empírico e teórico (formulação não homogênea, meses de Outubro, Janeiro e Abril) para as classes de seca em 49 postos e na região (continua)

Posto	Mês	Tempo esperado de permanência ininterrupta empírico e teórico							
		Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
		N	1	2	3	N	1	2	3
16L03	OUT	10,09	2,72	2,45	1,75	9,58	3,23	2,54	1,75
	JAN	13,79	3,45	2,00	6,00	9,55	3,74	2,62	1,50
	ABR	14,09	5,18	1,75	6,00	10,12	3,99	1,91	1,80
17J01	OUT	9,58	4,90	1,86	5,00	8,43	3,69	1,72	3,86
	JAN	13,00	4,91	2,17	4,60	9,29	3,07	2,41	3,06
	ABR	12,16	5,96	1,60	5,50	10,13	2,98	2,01	3,28
17L02 (a)	OUT	9,29	2,20	1,62	1,40	8,24	2,28	1,49	1,70
	JAN	13,53	3,24	2,14	5,00	7,34	2,63	2,40	2,40
	ABR	12,27	5,05	1,43	4,00	8,00	2,75	1,84	2,05
17M01	OUT	11,82	2,65	1,45	2,00	13,63	2,99	1,73	2,00
	JAN	16,17	3,94	1,73	5,33	14,09	3,05	2,10	2,00
	ABR	15,06	5,23	2,20	4,20	14,09	3,33	1,81	1,60
18G01	OUT	9,64	3,30	1,45	3,00	9,35	3,07	1,54	3,28
	JAN	12,94	4,18	1,60	5,67	9,38	2,89	1,30	3,28
	ABR	12,11	5,56	1,56	5,00	9,71	3,15	1,33	2,71
18M01	OUT	8,62	3,14	1,57	2,33	7,86	2,67	1,45	1,69
	JAN	12,54	4,22	1,45	2,67	7,87	2,43	1,71	3,07
	ABR	13,50	6,70	2,83	5,00	9,01	3,00	1,78	3,07
19G02	OUT	8,73	2,67	1,17	4,33	7,00	2,54	1,25	4,35
	JAN	11,88	3,28	1,67	7,50	7,50	2,56	2,02	6,02
	ABR	11,55	4,71	1,75	5,67	7,73	2,85	1,38	5,19
19J03	OUT	9,88	3,18	3,14	4,75	12,43	3,05	2,33	2,53
	JAN	14,67	4,38	2,58	5,33	12,54	4,07	2,55	3,04
	ABR	13,38	6,60	2,20	5,67	14,00	4,69	1,93	2,36
19L01 (a)	OUT	12,15	4,57	1,29	2,67	8,34	3,29	1,42	3,03
	JAN	17,21	4,05	1,57	4,40	8,57	3,13	1,85	3,43
	ABR	16,94	5,67	3,12	4,25	8,85	3,09	1,93	3,28
19L02	OUT	13,54	2,15	2,29	1,60	10,86	2,50	2,38	1,82
	JAN	16,31	3,61	1,50	4,75	10,15	2,31	1,80	2,02
	ABR	16,84	5,08	1,80	4,00	10,79	3,30	1,64	1,91
19M01	OUT	9,21	3,38	2,17	2,00	8,52	2,66	1,95	2,11
	JAN	13,43	4,90	2,20	2,00	9,39	3,03	2,99	1,67
	ABR	14,75	5,03	2,83	7,00	10,47	3,22	2,42	2,33
19N01	OUT	10,09	3,59	2,86	1,60	9,91	3,68	2,48	1,60
	JAN	13,20	3,57	1,67	6,40	9,69	3,37	1,69	1,80
	ABR	12,97	4,60	2,89	5,25	11,14	3,02	1,92	1,75
20I01	OUT	8,44	3,70	2,22	2,00	8,67	3,28	2,02	2,24
	JAN	12,70	4,79	1,80	5,33	8,80	3,19	2,14	2,10
	ABR	13,41	6,28	1,33	5,50	9,07	4,02	1,76	2,65
20L01	OUT	15,06	4,11	1,40	6,20	15,05	3,84	1,56	2,65
	JAN	19,44	5,00	2,29	6,25	14,68	3,75	2,20	3,07
	ABR	18,97	6,32	1,88	4,25	15,02	4,57	1,35	2,38
20O01	OUT	11,61	4,09	1,78	1,00	10,16	4,01	1,92	1,00
	JAN	14,91	5,45	1,67	6,00	11,02	3,96	1,74	3,39
	ABR	15,13	5,72	3,40	3,00	11,98	4,37	2,00	2,60
21F01	OUT	7,11	3,35	2,00	1,80	9,15	2,75	1,88	1,88
	JAN	10,88	4,21	1,90	5,25	9,39	2,54	2,02	2,47
	ABR	11,28	5,00	4,00	3,71	9,61	3,19	2,54	2,05
21G02	OUT	8,09	2,39	1,71	5,20	7,71	2,66	1,42	3,83
	JAN	13,00	3,09	1,83	7,40	8,47	3,04	2,21	4,53
	ABR	11,59	5,00	3,33	10,50	8,48	3,20	1,81	3,65

N–Não–seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(b) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.5 Tempo esperado de permanência ininterrupta empírico e teórico (formulação não homogênea, meses de Outubro, Janeiro e Abril) para as classes de seca em 49 postos e na região (continuação)

Posto	Mês	Tempo esperado de permanência ininterrupta empírico e teórico							
		Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
		N	1	2	3	N	1	2	3
21J02	OUT	10,35	3,72	2,38	6,67	10,18	3,57	2,00	6,56
	JAN	14,06	3,26	2,00	4,00	9,72	3,63	1,80	3,78
	ABR	12,57	4,74	2,20	6,50	9,69	3,95	1,32	6,56
21K01	OUT	10,03	3,42	1,86	1,50	9,71	3,36	2,00	1,50
	JAN	11,06	6,05	1,60	10,00	10,36	4,03	1,70	2,00
	ABR	11,66	6,32	4,67	4,86	9,40	4,11	2,55	1,71
21M01	OUT	18,91	3,14	2,20	1,50	10,50	3,75	2,09	1,93
	JAN	22,67	5,45	1,40	4,50	11,49	3,83	1,54	2,40
	ABR	26,13	6,18	4,00	4,75	12,54	3,97	2,45	2,86
21M02	OUT	13,08	5,24	1,88	3,80	10,14	3,02	2,02	3,62
	JAN	16,60	5,95	1,57	3,75	9,81	4,08	1,47	4,27
	ABR	16,39	7,17	2,00	7,00	10,65	4,31	1,33	5,36
22E01	OUT	8,53	2,95	1,71	1,83	10,02	3,07	1,72	2,17
	JAN	12,77	4,86	1,67	6,00	10,70	2,35	1,63	2,40
	ABR	11,79	7,06	2,00	5,57	11,09	3,44	1,31	2,50
22H01 (a)	OUT	7,21	2,81	1,25	5,00	10,02	3,07	1,72	2,17
	JAN	11,35	3,40	1,44	4,50	10,70	2,35	1,63	2,40
	ABR	11,00	4,86	2,11	6,33	11,09	3,44	1,31	2,50
22J01 (a)	OUT	9,41	2,41	1,33	2,20	9,93	3,10	1,31	2,42
	JAN	13,21	4,41	1,67	3,67	10,20	3,59	1,62	2,18
	ABR	12,97	5,29	2,11	4,25	10,20	3,54	2,03	2,18
23E01	OUT	7,69	2,52	1,83	4,17	8,01	2,71	1,63	2,72
	JAN	11,27	5,50	1,25	12,00	8,32	3,98	1,48	3,58
	ABR	10,22	4,95	5,33	6,80	8,46	3,76	2,90	3,58
23G01	OUT	7,68	2,69	1,29	7,67	7,09	2,67	1,46	2,58
	JAN	11,06	4,36	2,57	4,75	6,16	2,58	1,68	2,77
	ABR	12,39	5,08	2,20	8,33	6,88	2,97	1,32	3,37
24F01	OUT	8,49	3,29	1,50	4,00	8,74	3,51	1,61	2,47
	JAN	10,59	3,91	1,25	4,29	8,70	3,24	1,31	2,40
	ABR	11,71	5,80	3,00	5,67	8,70	3,28	1,70	3,04
24H01	OUT	7,53	2,85	1,33	2,60	8,22	2,65	1,40	2,70
	JAN	10,52	3,43	3,00	3,00	8,35	2,31	1,60	2,13
	ABR	11,21	4,90	2,11	5,25	8,88	3,09	1,53	3,12
24I01	OUT	9,49	2,68	1,60	2,00	9,93	2,78	1,80	1,60
	JAN	12,41	3,82	1,71	3,25	8,84	2,32	1,68	1,45
	ABR	11,39	5,70	1,38	5,00	8,80	2,89	1,40	2,80
24J03	OUT	11,17	2,33	1,50	6,43	8,92	2,84	1,60	2,82
	JAN	15,12	4,25	2,17	11,00	9,92	3,35	2,20	3,39
	ABR	13,89	5,00	3,71	7,20	9,71	3,10	2,28	2,91
24N01	OUT	13,57	3,70	1,86	2,00	9,02	3,40	2,06	2,58
	JAN	17,37	4,92	2,20	6,00	8,71	3,92	1,74	3,63
	ABR	15,35	5,55	2,89	6,00	8,26	4,32	2,24	3,95
25J02	OUT	12,47	3,36	1,33	1,60	8,88	3,37	1,52	1,60
	JAN	15,13	4,08	1,44	6,50	9,04	3,54	1,52	2,00
	ABR	14,16	5,76	2,25	4,50	8,82	3,50	1,77	1,67
25P01	OUT	9,19	3,95	1,43	1,75	7,68	3,18	1,28	1,89
	JAN	13,53	4,58	1,70	2,33	7,72	3,38	1,59	2,18
	ABR	12,13	6,09	3,00	4,67	8,49	3,63	2,07	2,18
26F01 (a)	OUT	8,54	3,93	1,71	3,67	8,43	3,12	1,78	2,07
	JAN	11,44	5,48	1,50	6,17	10,11	3,42	1,68	2,34
	ABR	11,08	4,84	1,00	4,62	9,94	2,84	1,00	2,21

N-Não-seca 1-Seca Ligeira 2-Seca Moderada 3-Seca Severa e Extrema

(b) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.5 Tempo esperado de permanência ininterrupta empírico e teórico (formulação não homogênea, meses de Outubro, Janeiro e Abril) para as classes de seca em 49 postos e na região (continuação)

Posto	Mês	Tempo esperado de permanência ininterrupta empírico e teórico							
		Empíricas				Teóricas (Modelo Markov)			
		N	1	2	3	N	1	2	3
26G01	OUT	7,31	2,94	2,00	1,60	9,37	2,76	1,73	1,60
	JAN	9,29	2,95	2,29	5,83	9,61	2,52	2,40	1,67
	ABR	9,68	5,84	1,33	4,12	9,40	3,73	1,65	1,62
26J01	OUT	8,00	3,00	1,60	4,50	8,07	2,56	1,92	3,27
	JAN	11,76	4,05	1,62	4,75	8,18	3,29	1,38	5,53
	ABR	11,51	6,45	2,29	5,20	8,47	3,52	2,09	4,63
26L01	OUT	9,16	3,32	1,50	1,86	10,17	4,02	1,65	1,78
	JAN	12,42	2,84	2,67	5,40	10,58	3,46	1,65	3,17
	ABR	11,38	4,57	2,80	5,00	10,98	3,49	1,79	2,63
27E01 (a)	OUT	8,78	3,82	1,12	1,60	8,55	2,83	1,22	1,62
	JAN	12,81	4,00	2,00	3,67	9,72	2,98	1,90	1,52
	ABR	12,03	6,68	1,50	3,86	10,37	3,79	1,90	2,11
27G01	OUT	9,73	2,48	1,00	2,57	9,10	2,92	1,00	2,83
	JAN	11,34	3,81	1,75	3,71	8,89	3,59	1,31	4,19
	ABR	11,58	5,44	1,60	4,60	8,92	3,76	1,25	3,56
27H01	OUT	9,22	4,09	2,12	4,20	8,57	3,45	1,55	3,09
	JAN	12,09	4,23	2,14	4,50	8,84	3,60	2,56	3,90
	ABR	12,12	5,83	2,83	5,40	8,57	3,25	2,46	3,78
27I01	OUT	8,00	2,59	1,00	2,00	7,62	2,55	1,00	2,36
	JAN	10,09	3,29	1,20	6,00	7,40	2,51	1,28	2,98
	ABR	12,00	6,29	1,17	6,17	8,23	2,93	1,23	2,98
27K01 (a)	OUT	11,61	3,46	1,50	2,12	10,62	3,89	1,78	2,97
	JAN	12,58	5,14	2,00	8,33	10,30	4,00	2,04	4,95
	ABR	13,28	5,96	1,50	7,00	10,59	3,73	1,78	4,95
28H01	OUT	9,47	2,94	1,43	2,67	9,01	3,36	1,55	3,03
	JAN	13,58	3,76	2,62	3,80	10,04	3,69	1,48	3,43
	ABR	13,15	6,59	3,00	3,71	10,95	4,05	1,64	3,17
28I01	OUT	10,03	3,05	1,40	3,43	10,14	3,38	1,34	1,82
	JAN	11,62	5,56	2,00	5,33	9,78	3,69	1,74	2,28
	ABR	14,23	6,04	1,75	5,67	11,06	4,31	1,43	2,28
29G01	OUT	12,61	3,90	1,20	1,80	12,01	5,09	1,20	2,54
	JAN	15,18	5,96	1,50	6,00	12,29	3,75	1,33	4,84
	ABR	14,50	7,95	4,20	7,60	12,70	5,31	1,60	4,84
29G02	OUT	9,94	2,83	1,17	3,71	9,80	2,61	1,34	2,97
	JAN	15,42	4,86	2,20	5,67	10,60	3,06	1,61	4,45
	ABR	13,44	6,52	2,67	5,50	10,63	3,39	1,68	3,58
30E01	OUT	10,30	3,21	1,60	4,40	8,36	3,87	1,73	2,64
	JAN	12,44	3,52	1,83	3,75	8,87	3,45	1,91	3,05
	ABR	12,62	6,79	1,00	6,00	9,47	4,03	1,00	2,83
30F01 (a)	OUT	11,59	2,39	1,50	2,50	8,80	2,89	1,62	2,56
	JAN	13,29	2,21	1,12	2,00	9,52	2,41	1,16	2,40
	ABR	13,61	5,56	1,14	5,67	9,55	2,62	1,18	2,56
30H03	OUT	11,42	2,50	1,14	1,67	11,13	2,68	1,23	1,73
	JAN	13,97	5,78	2,08	4,33	12,06	3,81	1,50	2,47
	ABR	14,58	6,70	4,40	5,33	12,79	4,07	2,29	1,98
Região	OUT	9,06	3,10	1,62	1,40	9,82	2,54	1,77	1,40
	JAN	14,00	4,80	1,57	3,33	9,82	4,08	1,44	1,50
	ABR	12,87	6,04	2,00	4,57	10,37	4,51	1,31	1,86

N–Não-seca 1–Seca Ligeira 2–Seca Moderada 3–Seca Severa e Extrema

(b) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.6 Probabilidades de ocorrência mensal (formulação não-homogênea) das classes de seca em 49 postos (continua)

Classes de seca	Probabilidades das classes de seca											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
16L03												
N	0,5107	0,5427	0,4670	0,4966	0,4959	0,5104	0,4802	0,4800	0,4947	0,4947	0,5245	0,5244
1	0,2762	0,2696	0,3738	0,2978	0,3130	0,2976	0,3276	0,3573	0,3722	0,3573	0,3126	0,3275
2	0,1532	0,1428	0,1163	0,1771	0,1472	0,1332	0,1185	0,0890	0,0593	0,0742	0,0891	0,1038
3	0,0599	0,0449	0,0429	0,0286	0,0438	0,0588	0,0737	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0443
17J01												
	0,4925	0,4179	0,4925	0,4925	0,4925	0,4627	0,4776	0,5373	0,5522	0,5224	0,5373	0,4925
	0,3134	0,4627	0,3433	0,3433	0,3284	0,3731	0,3582	0,2836	0,2985	0,3134	0,2836	0,3582
	0,1045	0,0448	0,1194	0,0896	0,1343	0,1194	0,0746	0,1194	0,0299	0,0597	0,0896	0,0746
	0,0896	0,0746	0,0448	0,0746	0,0448	0,0448	0,0896	0,0597	0,1194	0,1045	0,0896	0,0746
17L02 (a)												
N	0,5027	0,5311	0,5313	0,5033	0,4896	0,5051	0,4905	0,4907	0,4759	0,4909	0,5058	0,4763
1	0,2901	0,2954	0,2560	0,3156	0,3595	0,3291	0,3289	0,3437	0,3587	0,3139	0,2990	0,3436
2	0,1185	0,1086	0,1352	0,1046	0,0747	0,0901	0,1052	0,0753	0,0600	0,0899	0,1049	0,1200
3	0,0888	0,0648	0,0775	0,0766	0,0762	0,0757	0,0754	0,0903	0,1053	0,1053	0,0903	0,0601
17M01												
N	0,5075	0,4627	0,4925	0,5224	0,4925	0,5224	0,5224	0,5075	0,5224	0,5224	0,5075	0,5075
1	0,2985	0,3433	0,2687	0,2687	0,2985	0,3134	0,3284	0,3284	0,2985	0,2985	0,3134	0,2985
2	0,1642	0,1343	0,2090	0,1642	0,1493	0,1045	0,0746	0,0896	0,1045	0,1045	0,1194	0,1493
3	0,0298	0,0597	0,0299	0,0448	0,0597	0,0597	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746	0,0597	0,0448
18G01												
N	0,4925	0,4776	0,5224	0,5075	0,5224	0,5522	0,5373	0,5373	0,5224	0,5075	0,5224	0,5075
1	0,2985	0,3582	0,3134	0,3284	0,3284	0,2687	0,2687	0,2985	0,2836	0,3134	0,2836	0,3284
2	0,1642	0,0896	0,1045	0,0746	0,0448	0,1194	0,1343	0,0597	0,0896	0,0896	0,1194	0,1194
3	0,0448	0,0746	0,0597	0,0896	0,1045	0,0597	0,0597	0,1045	0,1045	0,0896	0,0746	0,0448
18M01												
N	0,4305	0,4294	0,5346	0,5202	0,5208	0,4913	0,4467	0,4616	0,4766	0,4915	0,4915	0,4767
1	0,4095	0,4467	0,2987	0,2695	0,3138	0,3733	0,4030	0,3882	0,3734	0,3435	0,3435	0,3883
2	0,1120	0,0773	0,1059	0,1649	0,0899	0,0151	0,0902	0,0749	0,1050	0,1199	0,1050	0,0900
3	0,0480	0,0466	0,0608	0,0455	0,0755	0,1203	0,0601	0,0752	0,0451	0,0451	0,0600	0,0450
19G02												
N	0,5519	0,5211	0,5064	0,4918	0,5516	0,5516	0,4921	0,5219	0,5369	0,5518	0,5518	0,5220
1	0,2649	0,2986	0,2985	0,3732	0,2835	0,3135	0,3581	0,2984	0,2686	0,2387	0,2537	0,2835
2	0,0942	0,0896	0,1198	0,0449	0,0747	0,0448	0,0598	0,0747	0,1046	0,1046	0,0897	0,0897
3	0,0890	0,0907	0,0752	0,0902	0,0902	0,0901	0,0900	0,1049	0,0899	0,1049	0,1049	0,1048
19J03												
N	0,5021	0,5170	0,5326	0,5335	0,4893	0,5044	0,5048	0,5049	0,4901	0,4901	0,4901	0,4604
1	0,3252	0,2846	0,2545	0,2393	0,3141	0,2995	0,2991	0,3293	0,3291	0,3291	0,3442	0,3741
2	0,1123	0,1371	0,1671	0,1815	0,1057	0,1355	0,1506	0,0753	0,1053	0,1204	0,1054	0,0902
3	0,0603	0,0613	0,0458	0,0457	0,0909	0,0606	0,0455	0,0905	0,0755	0,0604	0,0604	0,0754
19L01 (a)												
N	0,5045	0,4601	0,4313	0,4914	0,4767	0,4918	0,5068	0,5068	0,5218	0,5218	0,5069	0,4622
1	0,3429	0,3888	0,3886	0,3286	0,3434	0,3733	0,3135	0,2986	0,2389	0,2389	0,2687	0,3434
2	0,1077	0,0903	0,1347	0,1047	0,1197	0,0599	0,1197	0,1346	0,1645	0,1795	0,1496	0,1346
3	0,0449	0,0607	0,0454	0,0753	0,0603	0,0750	0,0600	0,0599	0,0749	0,0599	0,0748	0,0599
19L02												
N	0,5224	0,5970	0,5373	0,4776	0,5075	0,5373	0,4627	0,4925	0,5075	0,4925	0,4925	0,4627
1	0,2985	0,2090	0,2687	0,3433	0,2388	0,2985	0,3731	0,3582	0,2836	0,2985	0,3134	0,3881
2	0,1045	0,1194	0,1194	0,1194	0,1493	0,0448	0,0746	0,0597	0,1343	0,1343	0,1194	0,0448
3	0,0746	0,0746	0,0746	0,0597	0,1045	0,1194	0,0896	0,0896	0,0746	0,0746	0,0746	0,1045

Quadro C.6 Probabilidades de ocorrência mensal (formulação não-homogênea) das classes de seca em 49 postos (continuação)

em 10 postos (continuação)												
Classes de seca	Probabilidades das classes de seca											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
19M01												
N	0,5123	0,4986	0,5131	0,5273	0,5266	0,4964	0,4212	0,4807	0,4956	0,5105	0,5253	0,4803
1	0,3212	0,3307	0,2845	0,2981	0,2835	0,3568	0,4464	0,3569	0,3420	0,3271	0,3123	0,3719
2	0,0871	0,0900	0,1604	0,1454	0,1313	0,1028	0,0884	0,0740	0,0592	0,0592	0,0592	0,0446
3	0,0794	0,0807	0,0419	0,0292	0,0586	0,0439	0,0440	0,0884	0,1032	0,1032	0,1032	0,1032
19N01												
N	0,4768	0,4341	0,4679	0,5148	0,5014	0,5321	0,5029	0,5627	0,5481	0,5483	0,5483	0,5039
1	0,3331	0,3788	0,3313	0,3159	0,3448	0,2844	0,2989	0,2399	0,2395	0,2394	0,2394	0,2989
2	0,1142	0,1415	0,1228	0,0918	0,0612	0,1067	0,1368	0,1210	0,1057	0,1057	0,1210	0,1210
3	0,0759	0,0455	0,0780	0,0775	0,0926	0,0767	0,0614	0,0764	0,1067	0,1067	0,0914	0,0762
20I01												
N	0,5083	0,4936	0,4945	0,4494	0,4940	0,4640	0,4340	0,4338	0,4487	0,4487	0,4487	0,5084
1	0,3005	0,3327	0,3137	0,3583	0,3135	0,3730	0,4326	0,4476	0,4178	0,4028	0,4028	0,3282
2	0,1408	0,1052	0,1630	0,1482	0,1186	0,0744	0,0446	0,0298	0,0446	0,0743	0,0595	0,1189
3	0,0504	0,0685	0,0287	0,0440	0,0738	0,0886	0,0888	0,0888	0,0889	0,0741	0,0890	0,0445
20L01												
N	0,5055	0,5201	0,4899	0,5345	0,5197	0,5199	0,4902	0,4754	0,4754	0,4754	0,4903	0,4905
1	0,2661	0,3094	0,3416	0,2973	0,2833	0,3134	0,3284	0,3734	0,3585	0,3585	0,3138	0,3138
2	0,1395	0,1031	0,0906	0,1064	0,1507	0,0902	0,1205	0,0755	0,0754	0,0905	0,1202	0,1353
3	0,0889	0,0673	0,0778	0,0618	0,0464	0,0765	0,0609	0,0756	0,0908	0,0756	0,0756	0,0604
20O01												
N	0,4585	0,4434	0,4582	0,5035	0,4892	0,4750	0,4454	0,4605	0,4606	0,4606	0,4755	0,4458
1	0,3385	0,3696	0,3744	0,3296	0,3444	0,4038	0,4337	0,3889	0,4039	0,3889	0,3591	0,4040
2	0,1379	0,1564	0,1061	0,1362	0,0905	0,0756	0,0755	0,1053	0,1205	0,1354	0,1353	0,1351
3	0,0651	0,0306	0,0614	0,0307	0,0759	0,0456	0,0453	0,0453	0,0151	0,0151	0,0302	0,0151
21F01												
N	0,4585	0,4434	0,4582	0,5035	0,4892	0,4750	0,4454	0,4605	0,4606	0,4606	0,4755	0,4458
1	0,3385	0,3696	0,3744	0,3296	0,3444	0,4038	0,4337	0,3889	0,4039	0,3889	0,3591	0,4040
2	0,1379	0,1564	0,1061	0,1362	0,0905	0,0756	0,0755	0,1053	0,1205	0,1354	0,1353	0,1351
3	0,0651	0,0306	0,0614	0,0307	0,0759	0,0456	0,0453	0,0453	0,0151	0,0151	0,0302	0,0151
21G02												
N	0,4745	0,5038	0,4450	0,4901	0,5052	0,5501	0,5058	0,5356	0,5208	0,5208	0,5059	0,4762
1	0,3398	0,3576	0,4027	0,3434	0,2836	0,3135	0,2982	0,2684	0,2685	0,2985	0,2835	0,3434
2	0,1055	0,0745	0,0905	0,0899	0,1346	0,0299	0,1353	0,1053	0,1503	0,1203	0,1502	0,1050
3	0,0802	0,0642	0,0619	0,0766	0,0766	0,1065	0,0608	0,0907	0,0605	0,0604	0,0604	0,0754
21J02												
N	0,4563	0,4996	0,5282	0,5286	0,5289	0,5592	0,5154	0,5011	0,5166	0,5166	0,4871	0,4576
1	0,3634	0,3059	0,3105	0,2805	0,3114	0,2826	0,3423	0,3882	0,3129	0,3133	0,3432	0,4335
2	0,1183	0,1030	0,0734	0,0590	0,0938	0,0922	0,0775	0,0304	0,1070	0,1066	0,1063	0,0614
3	0,0620	0,0915	0,0879	0,1320	0,0660	0,0660	0,0648	0,0803	0,0634	0,0634	0,0634	0,0475
21K01												
N	0,4727	0,4717	0,5164	0,4873	0,5027	0,4596	0,4747	0,4454	0,5051	0,4903	0,5052	0,4757
1	0,3490	0,3708	0,2680	0,3147	0,3756	0,4191	0,3740	0,4033	0,3436	0,3584	0,3435	0,3732
2	0,1072	0,1219	0,1711	0,1528	0,0458	0,0456	0,0454	0,0605	0,0605	0,0605	0,0605	0,0754
3	0,0711	0,0355	0,0445	0,0452	0,0758	0,0758	0,1059	0,0908	0,0908	0,0908	0,0908	0,0757
21M01												
N	0,5045	0,4740	0,4441	0,4895	0,4899	0,5051	0,4457	0,4905	0,5054	0,5054	0,4906	0,4758
1	0,3218	0,3543	0,3884	0,2984	0,3438	0,3290	0,4185	0,3288	0,3289	0,3289	0,3437	0,3736
2	0,0782	0,1093	0,1363	0,1511	0,1053	0,0900	0,0753	0,1051	0,1053	0,1053	0,1053	0,0602
3	0,0955	0,0624	0,0312	0,0610	0,0609	0,0759	0,0606	0,0756	0,0604	0,0604	0,0604	0,0905

Quadro C.6 Probabilidades de ocorrência mensal (formulação não-homogênea) das classes de seca em 49 postos (continuação)

Classes de seca	Probabilidades das classes de seca											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
21M02												
N	0,5343	0,5655	0,5108	0,5122	0,4837	0,5297	0,4861	0,5162	0,4719	0,4572	0,4871	0,4725
1	0,2531	0,2084	0,3293	0,3155	0,3446	0,2845	0,3440	0,3443	0,3736	0,3734	0,3438	0,3443
2	0,1241	0,1576	0,0779	0,1074	0,0770	0,0915	0,0762	0,0152	0,0613	0,0762	0,0759	0,1056
3	0,0884	0,0686	0,0821	0,0648	0,0947	0,0943	0,0938	0,1243	0,0932	0,0932	0,0932	0,0777
22E01												
N	0,5075	0,4776	0,5075	0,5224	0,5522	0,5672	0,5672	0,5373	0,5373	0,5373	0,5224	0,5224
1	0,2985	0,3731	0,3134	0,3134	0,2687	0,2537	0,2687	0,3134	0,2985	0,2985	0,3134	0,3134
2	0,1045	0,0746	0,1194	0,0896	0,1045	0,0896	0,0597	0,0299	0,0597	0,0597	0,0597	0,0896
3	0,0895	0,0746	0,0597	0,0746	0,0746	0,0896	0,1045	0,1194	0,1045	0,1045	0,1045	0,0746
22H01 (a)												
N	0,5022	0,4866	0,4573	0,5025	0,5028	0,5181	0,5037	0,5337	0,5338	0,5487	0,5339	0,5042
1	0,3044	0,3699	0,3399	0,2971	0,2977	0,2980	0,3128	0,2682	0,2833	0,2684	0,2683	0,3437
2	0,1202	0,0735	0,1087	0,1380	0,0913	0,1069	0,1375	0,0756	0,0605	0,0605	0,0907	0,0604
3	0,0733	0,0700	0,0941	0,0624	0,1082	0,0770	0,0461	0,1224	0,1224	0,1224	0,1071	0,0916
22J01 (a)												
N	0,5030	0,5168	0,4725	0,4878	0,4883	0,5184	0,4889	0,5043	0,5044	0,4896	0,4896	0,4748
1	0,3219	0,2950	0,3272	0,3278	0,3281	0,2838	0,3136	0,2984	0,3289	0,3138	0,3138	0,3440
2	0,0913	0,1074	0,1218	0,0916	0,0918	0,1370	0,1367	0,1213	0,1059	0,1510	0,1208	0,0904
3	0,0839	0,0807	0,0785	0,0928	0,0918	0,0608	0,0609	0,0760	0,0608	0,0456	0,0758	0,0908
23E01												
N	0,4731	0,5291	0,5445	0,4862	0,4424	0,4731	0,5479	0,5188	0,5041	0,4893	0,4893	0,4596
1	0,3329	0,2948	0,2969	0,3584	0,4344	0,4342	0,3294	0,3286	0,3134	0,3283	0,3433	0,4032
2	0,0871	0,0758	0,0769	0,1243	0,0609	0,0156	0,0454	0,0753	0,1207	0,1056	0,0905	0,0757
3	0,1069	0,1003	0,0816	0,0312	0,0622	0,0771	0,0773	0,0773	0,0618	0,0769	0,0769	0,0615
23G01												
N	0,4578	0,5439	0,5003	0,5015	0,4584	0,5184	0,4595	0,5195	0,4898	0,5048	0,4900	0,4604
1	0,3769	0,2960	0,3431	0,3292	0,3431	0,3140	0,3730	0,3433	0,3581	0,3431	0,3579	0,3726
2	0,1096	0,0458	0,0775	0,1063	0,1361	0,1061	0,0760	0,0152	0,0454	0,0606	0,0606	0,1061
3	0,0558	0,1143	0,0790	0,0629	0,0624	0,0614	0,0916	0,1220	0,1067	0,0915	0,0915	0,0609
24F01												
N	0,5217	0,4765	0,4318	0,5066	0,5214	0,5066	0,5066	0,4918	0,5366	0,5217	0,5217	0,4918
1	0,3078	0,3383	0,4311	0,3274	0,3281	0,3281	0,2984	0,3132	0,2834	0,2834	0,2685	0,3282
2	0,0879	0,1356	0,0908	0,0600	0,0599	0,0598	0,1045	0,1196	0,0897	0,1046	0,1195	0,1048
3	0,0826	0,0495	0,0463	0,1060	0,0906	0,1056	0,0905	0,0754	0,0903	0,0903	0,0903	0,0752
24H01												
N	0,5373	0,4925	0,4478	0,4925	0,5373	0,5672	0,4925	0,5075	0,4925	0,4925	0,5075	0,4776
1	0,2985	0,3284	0,4030	0,3134	0,2687	0,2537	0,3134	0,3284	0,3433	0,3284	0,3134	0,3731
2	0,0896	0,1045	0,0746	0,1194	0,1493	0,1194	0,1343	0,0896	0,0746	0,0746	0,1045	0,0746
3	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746	0,0448	0,0597	0,0597	0,0746	0,0896	0,1045	0,0746	0,0746
24I01												
N	0,5173	0,5321	0,4889	0,5047	0,5204	0,5205	0,4908	0,4613	0,4912	0,4763	0,4913	0,4616
1	0,2808	0,2837	0,2991	0,3295	0,2690	0,3291	0,3440	0,3886	0,3438	0,3438	0,3139	0,4035
2	0,1569	0,1378	0,1514	0,1051	0,1504	0,0902	0,1200	0,0599	0,0749	0,0748	0,1198	0,0599
3	0,0450	0,0464	0,0606	0,0606	0,0602	0,0602	0,0451	0,0902	0,0901	0,1051	0,0751	0,0750
24J03												
N	0,5234	0,5293	0,4871	0,4895	0,5047	0,5348	0,5351	0,5504	0,5356	0,5058	0,5058	0,5059
1	0,2794	0,3035	0,3916	0,3592	0,2992	0,2845	0,2843	0,2392	0,2540	0,2838	0,2838	0,3288
2	0,0920	0,0918	0,0911	0,0908	0,1355	0,1052	0,1050	0,1352	0,1351	0,1502	0,1201	0,0451
3	0,1052	0,0755	0,0302	0,0606	0,0605	0,0755	0,0755	0,0753	0,0752	0,0602	0,0902	0,1202

Quadro C.6 Probabilidades de ocorrência mensal (formulação não-homogênea) das classes de seca em 49 postos (continuação)

Classes de seca	Probabilidades das classes de seca											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
24N01												
N	0,5170	0,5320	0,4441	0,4747	0,4750	0,4905	0,5055	0,4461	0,4611	0,4462	0,4612	0,4612
1	0,2969	0,2690	0,3587	0,3583	0,3736	0,3434	0,2988	0,3733	0,3585	0,3734	0,3734	0,3586
2	0,1088	0,1370	0,1205	0,0755	0,0604	0,1207	0,1353	0,1202	0,1201	0,1201	0,1051	0,1200
3	0,0773	0,0620	0,0767	0,0915	0,0910	0,0455	0,0604	0,0604	0,0603	0,0603	0,0603	0,0602
25J02												
N	0,5031	0,5180	0,5044	0,4453	0,4904	0,5204	0,4760	0,4763	0,4614	0,4465	0,4763	0,4764
1	0,3262	0,3127	0,3132	0,3883	0,3585	0,3288	0,3736	0,3584	0,3883	0,4032	0,3883	0,3733
2	0,0918	0,1066	0,1519	0,1359	0,0453	0,0601	0,0599	0,1050	0,1051	0,1051	0,0750	0,0749
3	0,0790	0,0627	0,0305	0,0305	0,1058	0,0907	0,0906	0,0604	0,0453	0,0453	0,0603	0,0753
25P01												
N	0,5328	0,5169	0,4579	0,4446	0,4750	0,4753	0,4457	0,5056	0,4610	0,4760	0,5358	0,4763
1	0,2901	0,3108	0,4048	0,3585	0,3586	0,3437	0,3436	0,3139	0,3584	0,3585	0,2838	0,3733
2	0,1126	0,0918	0,0607	0,1513	0,0755	0,1207	0,1654	0,0902	0,1053	0,0752	0,0901	0,0902
3	0,0645	0,0805	0,0766	0,0456	0,0909	0,0604	0,0453	0,0903	0,0753	0,0903	0,0903	0,0602
26F01 (a)												
N	0,5737	0,4700	0,4858	0,5019	0,5323	0,5180	0,5631	0,5636	0,5637	0,5637	0,5637	0,5341
1	0,2168	0,3090	0,3437	0,3139	0,3139	0,3136	0,2842	0,2389	0,2389	0,2389	0,2540	0,2988
2	0,1192	0,1268	0,1072	0,0913	0,0611	0,0457	0,0302	0,0905	0,1056	0,0905	0,0907	0,0759
3	0,0903	0,0942	0,0632	0,0929	0,0926	0,1227	0,1226	0,1070	0,0917	0,1068	0,0916	0,0913
26G01												
N	0,5318	0,5618	0,4893	0,5196	0,5797	0,5203	0,5504	0,5058	0,4910	0,5059	0,5059	0,4911
1	0,2673	0,2403	0,3440	0,2840	0,2242	0,2688	0,2839	0,3585	0,3286	0,3286	0,3437	0,3435
2	0,1264	0,1216	0,1211	0,1055	0,1356	0,1201	0,0451	0,0603	0,1051	0,0751	0,0601	0,0901
3	0,0746	0,0763	0,0456	0,0909	0,0606	0,0907	0,1207	0,0754	0,0754	0,0904	0,0904	0,0753
26J01												
N	0,5490	0,5612	0,5332	0,4890	0,5042	0,5342	0,5198	0,4901	0,4753	0,4753	0,4753	0,4456
1	0,2737	0,2665	0,3125	0,3273	0,3425	0,2988	0,2984	0,3132	0,3583	0,3434	0,3434	0,3882
2	0,0814	0,1080	0,0605	0,1210	0,0303	0,0752	0,1053	0,1204	0,0904	0,1205	0,1205	0,1053
3	0,0960	0,0643	0,0939	0,0626	0,1231	0,0918	0,0765	0,0763	0,0761	0,0608	0,0608	0,0608
26L01												
N	0,5417	0,5298	0,5018	0,4584	0,5190	0,5343	0,5049	0,5351	0,5053	0,5203	0,5203	0,4608
1	0,2913	0,3181	0,3463	0,3748	0,2996	0,2997	0,3443	0,2543	0,3292	0,3142	0,3142	0,3738
2	0,0612	0,0913	0,0759	0,0909	0,1056	0,1055	0,0752	0,1352	0,1202	0,1202	0,1052	0,1051
3	0,1059	0,0608	0,0761	0,0759	0,0758	0,0606	0,0757	0,0754	0,0452	0,0452	0,0603	0,0603
27E01 (a)												
N	0,5515	0,4914	0,4318	0,4762	0,5061	0,5212	0,5511	0,5661	0,5363	0,5513	0,5364	0,5215
1	0,2514	0,3382	0,4007	0,3283	0,2985	0,2838	0,2839	0,2689	0,2838	0,2689	0,2838	0,2987
2	0,1096	0,1079	0,1365	0,1497	0,1502	0,1199	0,0600	0,0600	0,0899	0,0749	0,0898	0,0748
3	0,0874	0,0624	0,0310	0,0458	0,0452	0,0751	0,1050	0,1050	0,0900	0,1050	0,0900	0,1049
27G01												
N	0,4894	0,5345	0,4902	0,5203	0,5056	0,5356	0,5357	0,5209	0,5210	0,5061	0,4912	0,5213
1	0,3435	0,2815	0,3878	0,3133	0,3282	0,2684	0,2386	0,3135	0,3135	0,3135	0,3284	0,2984
2	0,0577	0,1215	0,0452	0,0601	0,0449	0,1055	0,1503	0,0451	0,0601	0,0750	0,0750	0,1051
3	0,1094	0,0625	0,0768	0,1063	0,1214	0,0906	0,0755	0,1205	0,1054	0,1054	0,1054	0,0752
27H01												
N	0,4722	0,4857	0,4575	0,4726	0,4729	0,5479	0,4740	0,5043	0,4746	0,4746	0,4746	0,4301
1	0,3191	0,3694	0,3567	0,3274	0,3281	0,2536	0,3584	0,2834	0,3584	0,3584	0,3584	0,4182
2	0,1219	0,0623	0,1215	0,1066	0,1059	0,1369	0,0910	0,1058	0,0605	0,0606	0,0606	0,0301
3	0,0868	0,0825	0,0643	0,0935	0,0931	0,0617	0,0767	0,1065	0,1065	0,1064	0,1064	0,1215

Quadro C.6 Probabilidades de ocorrência mensal (formulação não-homogênea) das classes de seca em 49 postos (continuação)

Classes de seca	Probabilidades das classes de seca											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
<u>27I01</u>												
N	0,5071	0,5244	0,5118	0,5130	0,5156	0,5168	0,4580	0,5029	0,4734	0,4735	0,4735	0,5183
1	0,3250	0,3110	0,3135	0,3169	0,3295	0,3288	0,3578	0,3584	0,4033	0,3882	0,3882	0,3285
2	0,0476	0,0959	0,1107	0,0755	0,0610	0,0612	0,0911	0,0307	0,0154	0,0303	0,0151	0,0303
3	0,1202	0,0687	0,0639	0,0945	0,0939	0,0931	0,0931	0,1080	0,1080	0,1080	0,1231	0,1229
<u>27K01 (a)</u>												
N	0,4880	0,4729	0,5472	0,4882	0,4290	0,5187	0,4745	0,4449	0,4599	0,4599	0,4599	0,4750
1	0,3509	0,3674	0,2824	0,3276	0,3874	0,3284	0,3438	0,3883	0,4034	0,3735	0,3884	0,3883
2	0,0332	0,0792	0,0599	0,1369	0,1210	0,0903	0,1198	0,1047	0,0598	0,0897	0,0748	0,0752
3	0,1279	0,0805	0,1105	0,0474	0,0626	0,0626	0,0620	0,0620	0,0769	0,0769	0,0769	0,0616
<u>28H01</u>												
N	0,5319	0,5007	0,4743	0,4890	0,4893	0,5045	0,5048	0,5197	0,4752	0,4752	0,4752	0,5051
1	0,2601	0,3544	0,3695	0,3132	0,3430	0,3280	0,3286	0,2989	0,3435	0,3435	0,3435	0,3137
2	0,1061	0,0769	0,0597	0,1197	0,0903	0,1064	0,0605	0,0904	0,1057	0,0906	0,1057	0,0905
3	0,1019	0,0679	0,0965	0,0781	0,0774	0,0611	0,1061	0,0909	0,0757	0,0908	0,0756	0,0907
<u>28I01</u>												
N	0,4914	0,5336	0,5039	0,4745	0,4603	0,4608	0,4461	0,4761	0,4761	0,4761	0,4762	0,5360
1	0,3196	0,3255	0,3132	0,3745	0,3739	0,4035	0,3884	0,3885	0,4035	0,4035	0,4034	0,3138
2	0,0747	0,0621	0,1366	0,1055	0,1053	0,0903	0,1202	0,0452	0,0151	0,0151	0,0151	0,0600
3	0,1143	0,0788	0,0463	0,0455	0,0605	0,0454	0,0453	0,0903	0,1054	0,1054	0,1054	0,0903
<u>29G01</u>												
N	0,5317	0,5015	0,4908	0,5055	0,5353	0,5354	0,5355	0,5207	0,5058	0,4909	0,4909	0,4910
1	0,3037	0,3668	0,3562	0,3422	0,2830	0,2983	0,3132	0,3280	0,3429	0,3578	0,3578	0,3580
2	0,0769	0,0505	0,0587	0,0905	0,0897	0,0751	0,0757	0,0454	0,0454	0,0605	0,0605	0,0603
3	0,0877	0,0812	0,0943	0,0618	0,0920	0,0912	0,0757	0,1059	0,1059	0,0908	0,0908	0,0908
<u>29G02</u>												
N	0,5317	0,4869	0,4732	0,4885	0,4888	0,4891	0,5043	0,4748	0,4748	0,4748	0,4748	0,5196
1	0,2631	0,3434	0,3123	0,3127	0,3285	0,3138	0,3442	0,3590	0,3440	0,3440	0,3440	0,3142
2	0,0912	0,1046	0,1507	0,1519	0,0902	0,1358	0,0905	0,0903	0,0902	0,0902	0,0902	0,0905
3	0,1140	0,0651	0,0638	0,0470	0,0925	0,0613	0,0611	0,0760	0,0910	0,0910	0,0910	0,0757
<u>30E01</u>												
N	0,4788	0,4660	0,4388	0,4698	0,4861	0,4721	0,5028	0,5331	0,5481	0,5481	0,5630	0,5482
1	0,3566	0,3885	0,3895	0,3753	0,3294	0,3589	0,3593	0,3140	0,2990	0,2990	0,2841	0,3142
2	0,0780	0,0779	0,1078	0,0916	0,1217	0,1074	0,0457	0,0457	0,0763	0,0763	0,0611	0,0305
3	0,0866	0,0676	0,0639	0,0633	0,0628	0,0616	0,0922	0,1072	0,0765	0,0765	0,0918	0,1070
<u>30F01 (a)</u>												
N	0,5477	0,4875	0,4730	0,5190	0,5346	0,5501	0,5355	0,5358	0,5508	0,5508	0,5657	0,5062
1	0,2605	0,3712	0,3746	0,2846	0,2996	0,2393	0,2691	0,2839	0,2690	0,2690	0,2690	0,3137
2	0,0991	0,0795	0,0901	0,1209	0,0903	0,1503	0,1051	0,0750	0,0750	0,0750	0,0600	0,1050
3	0,0927	0,0618	0,0622	0,0756	0,0756	0,0603	0,0904	0,1053	0,1053	0,1053	0,1053	0,0752
<u>30H03</u>												
N	0,5309	0,5291	0,5467	0,4876	0,4879	0,4885	0,4886	0,4888	0,5038	0,4889	0,4889	0,5189
1	0,2599	0,2921	0,3098	0,2682	0,3590	0,2841	0,3447	0,3446	0,3296	0,3595	0,3595	0,2996
2	0,1031	0,1111	0,0656	0,1975	0,0608	0,1813	0,0755	0,1058	0,1058	0,0907	0,0907	0,1207
3	0,1060	0,0678	0,0779	0,0467	0,0923	0,0462	0,0912	0,0608	0,0608	0,0608	0,0608	0,0608

N-Não-seca 1-Seca Ligeira 2-Seca Moderada 3-Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.7 Tempo esperado de permanência ininterrupta (formulação não homogênea) para as classes de seca em 49 postos (continua)

Classes de seca	Tempo esperado de permanência ininterrupta (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
16L03												
N	9,58	8,56	9,78	9,55	9,55	9,87	10,12	10,42	10,72	10,72	10,45	9,89
1	3,23	3,84	3,19	3,74	2,91	4,11	3,99	4,35	4,51	4,20	4,13	3,44
2	2,54	2,21	2,82	2,62	2,21	2,35	1,91	2,62	3,43	3,43	2,21	3,12
3	1,75	1,00	1,67	1,50	1,67	1,75	1,80	2,00	2,00	2,00	1,60	2,00
17J01												
N	8,43	9,08	9,29	9,29	8,71	9,82	10,13	9,90	9,92	10,43	9,38	9,29
1	3,69	2,53	3,07	3,07	3,16	3,26	2,98	3,50	3,82	3,69	3,82	2,98
2	1,72	1,56	1,63	2,41	2,13	1,63	2,01	1,42	2,69	2,69	1,84	2,35
3	3,86	2,37	4,43	3,06	4,43	4,43	3,28	4,43	4,00	3,94	3,28	3,74
17L02 (a)												
N	8,24	6,99	7,20	7,34	7,76	8,02	8,00	8,23	8,70	8,70	7,56	7,73
1	2,28	1,64	2,51	2,63	2,25	2,75	2,75	2,86	2,87	3,04	2,71	2,25
2	1,49	1,84	2,09	2,40	1,79	1,98	1,84	1,39	2,97	2,97	2,40	2,23
3	1,70	1,44	2,05	2,40	2,05	2,05	2,05	2,46	2,75	2,50	1,87	2,75
17M01												
N	13,63	13,00	13,58	14,09	14,88	14,50	14,09	15,31	15,31	14,90	14,89	14,89
1	2,99	2,36	2,74	3,05	3,13	3,30	3,33	3,33	3,85	3,85	3,30	2,99
2	1,73	1,90	2,30	2,10	2,01	1,58	1,81	2,01	3,01	3,01	2,51	2,01
3	2,00	1,00	2,00	2,00	1,75	1,50	1,60	1,80	2,00	1,80	1,75	1,67
18G01												
N	9,35	9,02	8,60	9,38	9,96	9,47	9,71	10,24	10,23	10,50	9,42	9,38
1	3,07	2,38	2,84	2,89	2,76	3,00	3,15	3,49	3,76	3,50	3,18	2,89
2	1,54	1,49	1,42	1,30	1,99	2,11	1,33	2,11	2,23	2,48	1,92	2,11
3	3,28	1,91	2,14	3,28	2,30	2,71	2,71	2,96	2,96	2,90	2,37	2,52
18M01												
N	7,86	7,86	7,91	7,87	7,87	8,28	9,01	9,29	9,29	9,29	8,53	7,73
1	2,67	2,09	1,94	2,43	2,79	3,16	3,00	3,16	3,16	3,34	3,14	2,82
2	1,45	1,63	1,45	1,71	1,00	2,57	1,78	2,25	2,57	2,17	1,89	1,94
3	1,69	1,69	2,03	3,07	2,65	2,03	3,07	2,24	3,07	2,38	2,03	2,38
19G02												
N	7,00	6,92	6,66	7,50	7,60	6,80	7,73	8,19	8,40	8,40	7,80	7,76
1	2,54	2,67	2,67	2,56	3,05	2,99	2,85	3,36	3,47	3,78	3,45	2,81
2	1,25	1,51	1,38	2,02	1,61	2,02	1,38	2,53	2,31	2,31	2,02	1,61
3	4,35	3,51	6,02	6,02	5,19	5,19	5,19	5,31	6,02	6,02	4,59	4,59
19J03												
N	12,43	13,25	12,54	12,54	13,99	13,21	14,00	14,00	14,40	14,40	13,58	13,10
1	3,05	4,02	3,41	4,07	4,12	4,28	4,69	4,91	5,10	5,10	4,74	3,68
2	2,33	3,07	3,54	2,55	3,21	3,76	1,93	4,10	4,10	3,71	2,33	2,86
3	2,53	1,51	2,36	3,04	2,36	2,53	2,36	2,70	2,63	3,04	2,53	2,63
19L01 (a)												
N	8,34	7,39	8,42	8,57	8,26	9,09	8,85	9,36	9,61	9,36	8,85	9,33
1	3,29	2,80	2,57	3,13	2,91	3,22	3,09	3,19	3,92	3,92	3,60	2,95
2	1,42	1,50	1,33	1,85	1,37	2,11	1,93	2,16	2,35	2,24	1,89	1,56
3	3,03	2,52	4,04	3,43	2,52	2,82	3,28	3,28	2,82	4,04	2,82	3,28
19L02												
N	10,86	9,63	9,72	10,15	11,15	9,72	10,79	11,46	11,15	11,46	10,51	10,79
1	2,50	2,37	2,97	2,31	3,05	3,32	3,30	3,05	3,73	3,73	3,47	2,68
2	2,38	1,60	1,60	1,80	1,32	1,54	1,64	1,80	2,61	2,25	1,60	1,54
3	1,82	1,27	1,27	2,02	2,17	2,02	1,91	1,91	2,36	2,09	2,09	1,97

Quadro C.7 Tempo esperado de permanência ininterrupta (formulação não homogênea) para as classes de seca em 49 postos (continuação)

Classes de seca	Tempo esperado de permanência ininterrupta (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
19M01												
N	8,52	8,75	8,52	9,39	9,66	9,04	10,47	10,47	10,47	10,47	9,66	9,88
1	2,66	2,58	2,37	3,03	3,44	3,66	3,22	3,66	3,77	3,77	3,62	3,05
2	1,95	3,37	2,55	2,99	2,27	1,81	2,42	2,71	3,85	3,85	1,71	1,95
3	2,11	1,44	1,00	1,67	2,00	1,44	2,33	2,33	2,33	2,33	2,14	1,83
19N01												
N	9,91	9,45	9,87	9,69	10,24	10,01	11,14	10,60	10,86	11,14	10,04	9,69
1	3,68	2,86	2,84	3,37	3,03	3,45	3,02	3,72	3,91	4,11	3,91	3,17
2	2,48	1,92	2,30	1,69	2,56	2,78	1,92	2,56	3,08	3,08	3,08	2,19
3	1,60	1,00	1,80	1,80	1,67	1,80	1,75	2,00	2,00	1,86	1,83	1,80
20I01												
N	8,67	8,36	8,36	8,80	8,91	8,84	9,07	9,69	10,00	10,00	10,00	9,20
1	3,28	3,07	3,33	3,19	3,83	4,08	4,02	4,15	4,38	4,50	3,72	3,55
2	2,02	2,63	2,04	2,14	1,86	1,46	1,76	2,14	3,29	2,83	2,14	2,63
3	2,24	1,33	1,82	2,10	2,65	2,10	2,65	2,37	2,37	2,65	1,55	2,24
20L01												
N	15,05	13,37	14,57	14,68	14,65	15,07	15,02	15,92	15,92	15,92	15,02	15,47
1	3,84	3,43	3,74	3,75	4,10	4,37	4,57	4,78	4,93	4,28	4,18	3,81
2	1,56	1,20	1,93	2,20	1,70	1,70	1,35	2,12	2,40	2,17	1,88	1,98
3	2,65	2,38	2,65	3,07	3,76	2,65	2,38	3,76	3,30	3,76	2,65	3,76
20O01												
N	10,16	10,84	11,62	11,02	10,63	11,29	11,98	11,99	12,35	12,35	11,64	10,84
1	4,01	3,61	3,77	3,96	4,36	4,62	4,37	4,92	4,92	4,60	4,56	3,47
2	1,92	1,50	1,95	1,74	1,83	2,00	2,00	2,43	2,66	2,29	1,92	1,62
3	1,00	2,20	2,20	3,39	2,44	2,60	2,60	1,80	3,39	3,39	2,20	1,00
21F01												
N	9,15	8,60	9,02	9,39	9,45	9,64	9,61	10,22	10,50	10,50	9,94	9,67
1	2,75	3,15	2,20	2,54	3,60	3,54	3,19	3,37	3,92	3,65	3,34	2,99
2	1,88	2,17	1,82	2,02	2,02	1,82	2,54	2,46	2,59	2,76	1,68	2,64
3	1,88	1,25	1,49	2,47	2,18	2,23	2,05	1,98	2,47	2,18	2,47	2,23
21G02												
N	7,71	6,61	7,63	8,47	8,48	7,45	8,48	8,51	8,95	8,72	8,25	8,20
1	2,66	2,71	2,84	3,04	3,00	2,81	3,20	3,44	3,93	3,64	3,62	3,20
2	1,42	1,29	1,73	2,21	1,32	2,46	1,81	2,25	2,02	2,46	1,87	1,24
3	3,83	2,77	3,65	4,53	4,53	3,02	3,65	3,36	3,65	4,53	4,53	3,12
21J02												
N	10,18	9,37	9,99	9,72	9,45	9,52	9,69	9,94	10,81	10,25	10,22	9,54
1	3,57	3,38	3,55	3,63	3,04	4,01	3,95	3,47	4,40	4,40	4,57	3,38
2	2,00	1,69	1,32	1,80	2,07	1,80	1,32	1,80	2,38	2,38	1,69	2,21
3	6,56	5,45	6,56	3,78	6,56	5,17	6,56	4,34	6,56	6,56	5,17	6,56
21K01												
N	9,71	10,34	9,54	10,36	8,62	10,64	9,40	10,96	10,67	10,96	9,50	9,09
1	3,36	2,84	3,36	4,03	3,69	4,03	4,11	4,01	4,53	4,39	3,92	3,18
2	2,00	2,46	2,27	1,70	2,55	2,55	2,55	2,75	3,33	3,33	3,33	2,40
3	1,50	1,00	1,67	2,00	2,00	2,00	1,71	1,83	2,00	2,00	1,83	1,75
21M01												
N	10,50	10,01	11,00	11,49	11,84	11,18	12,54	12,54	12,54	12,20	11,84	12,54
1	3,75	3,36	3,18	3,83	3,79	4,61	3,97	4,61	4,78	4,78	4,61	4,05
2	2,09	1,78	2,01	1,54	1,78	1,60	2,45	2,29	2,81	2,81	2,03	1,60
3	1,93	1,47	1,93	2,40	2,86	2,12	2,86	2,12	2,86	2,86	2,86	2,55

Quadro C.7 Tempo esperado de permanência ininterrupta (formulação não homogênea) para as classes de seca em 49 postos e região (continuação)

Classes de seca	Tempo esperado de permanência ininterrupta (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
21M02												
N	10,14	8,91	9,81	9,81	10,04	9,57	10,65	10,09	10,64	10,95	10,34	10,04
1	3,02	3,72	3,42	4,08	3,32	4,01	4,31	4,64	4,66	4,35	4,15	3,48
2	2,02	1,65	1,65	1,47	1,65	1,55	1,33	2,64	2,64	2,31	2,31	2,17
3	3,62	4,27	3,62	4,27	4,63	4,63	5,36	4,27	5,36	5,36	4,63	4,27
22E01												
N	10,02	10,24	10,02	10,70	11,66	11,38	11,09	11,65	11,95	11,65	11,64	10,39
1	3,07	2,24	2,35	2,35	3,15	3,13	3,44	3,34	3,58	3,58	3,34	2,60
2	1,72	1,25	1,16	1,63	1,72	1,63	1,31	2,25	2,25	2,25	1,94	1,63
3	2,17	1,35	1,88	2,40	2,40	2,46	2,50	2,53	2,75	2,75	2,25	2,75
22H01 (a)												
N	10,02	10,24	10,02	10,70	11,66	11,38	11,09	11,65	11,95	11,65	11,64	10,39
1	3,07	2,24	2,35	2,35	3,15	3,13	3,44	3,34	3,58	3,58	3,34	2,60
2	1,72	1,25	1,16	1,63	1,72	1,63	1,31	2,25	2,25	2,25	1,94	1,63
3	2,17	1,35	1,88	2,40	2,40	2,46	2,50	2,53	2,75	2,75	2,25	2,75
22J01 (a)												
N	9,93	9,67	10,16	10,20	10,51	10,57	10,20	11,16	11,16	11,47	10,83	11,14
1	3,10	3,32	3,43	3,59	3,27	4,19	3,54	4,21	4,24	4,56	4,05	3,52
2	1,31	2,06	1,46	1,62	2,23	2,23	2,03	2,16	2,85	2,48	1,69	1,62
3	2,42	2,42	2,42	2,18	2,18	2,18	2,18	2,89	2,77	3,36	2,42	2,42
23E01												
N	8,01	8,19	7,76	8,32	8,76	9,62	8,46	9,13	9,37	9,62	9,10	8,51
1	2,71	3,15	3,15	3,98	3,96	3,71	3,76	4,09	4,58	4,58	4,58	3,43
2	1,63	2,14	1,76	1,48	1,00	1,00	2,90	2,90	2,66	2,63	2,27	1,38
3	2,72	2,72	1,52	3,58	2,93	3,06	3,58	3,06	3,58	3,58	3,06	3,58
23G01												
N	7,09	6,29	6,56	6,16	7,09	6,59	6,88	7,36	7,54	7,55	7,13	6,66
1	2,67	2,74	2,76	2,58	2,89	3,62	2,97	3,77	3,66	3,90	3,66	3,12
2	1,46	1,53	1,64	1,68	1,89	1,91	1,32	2,59	2,59	2,59	2,19	1,91
3	2,58	2,01	2,42	2,77	2,18	2,77	3,37	3,07	3,03	3,37	2,18	2,58
24F01												
N	8,74	8,05	9,41	8,70	8,74	9,23	8,70	9,75	9,78	10,03	9,51	9,21
1	3,51	3,60	3,30	3,24	3,56	3,56	3,28	3,85	4,33	4,33	4,32	3,40
2	1,61	1,27	1,00	1,31	1,61	2,22	1,70	1,92	2,22	2,22	1,61	1,46
3	2,47	1,82	2,64	2,40	3,45	3,10	3,04	3,45	3,45	3,45	2,64	2,84
24H01												
N	8,22	7,30	8,80	8,35	9,43	8,53	8,88	9,16	9,67	9,67	8,90	8,86
1	2,65	2,75	2,53	2,31	2,99	3,10	3,09	3,50	3,51	3,62	3,49	2,54
2	1,40	1,17	1,24	1,60	1,60	1,60	1,53	1,60	1,72	2,20	1,69	1,24
3	2,70	2,70	3,26	2,13	2,89	3,12	3,12	3,26	3,83	3,02	3,26	3,26
24I01												
N	9,93	8,15	8,80	8,84	9,67	9,67	8,80	10,20	9,92	10,20	9,08	9,01
1	2,78	2,02	2,45	2,32	3,01	3,08	2,89	3,14	3,20	3,20	3,07	2,29
2	1,80	1,71	1,32	1,68	1,48	2,06	1,40	2,20	1,96	2,60	1,40	2,06
3	1,60	1,60	2,35	1,45	1,90	2,35	2,80	2,50	2,80	2,28	2,44	2,08
24J03												
N	8,92	8,65	8,20	9,92	10,22	9,71	9,71	9,99	9,97	10,50	9,94	9,96
1	2,84	3,32	2,91	3,35	3,49	3,27	3,10	3,90	4,32	4,32	3,97	3,53
2	1,60	1,60	1,90	2,20	2,00	2,03	2,28	2,40	2,80	2,44	1,67	1,60
3	2,82	2,28	4,19	3,39	3,39	4,19	2,91	3,55	3,55	4,19	3,66	3,39

Quadro C.7 Tempo esperado de permanência ininterrupta (formulação não homogênea) para as classes de seca em 49 postos e região (continuação)

Classes de seca	Tempo esperado de permanência ininterrupta (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
24N01												
N	9,02	7,38	8,09	8,71	8,18	8,99	8,26	9,23	9,24	9,51	9,24	8,69
1	3,40	3,46	3,46	3,92	3,51	3,56	4,32	4,10	4,69	4,54	4,10	3,06
2	2,06	1,82	1,70	1,74	2,39	2,39	2,24	2,16	2,85	2,62	2,32	1,79
3	2,58	3,95	4,15	3,63	2,97	4,94	3,95	3,95	4,94	4,94	3,95	4,94
25J02												
N	8,88	8,40	8,09	9,04	9,39	8,66	8,82	9,65	9,64	9,93	9,37	8,82
1	3,37	2,99	3,48	3,54	3,61	3,69	3,50	4,48	4,48	4,22	3,94	3,27
2	1,52	1,44	1,93	1,52	1,52	1,39	1,77	2,33	2,55	2,11	1,93	1,39
3	1,60	1,00	2,00	2,00	1,86	1,83	1,67	1,75	2,00	2,00	2,00	1,80
25P01												
N	7,68	7,20	7,00	7,72	8,03	7,78	8,49	7,84	8,50	8,75	7,68	8,03
1	3,18	3,24	2,99	3,38	3,52	3,48	3,63	4,20	4,08	3,66	4,18	2,94
2	1,28	1,98	1,98	1,59	2,18	2,22	2,07	2,96	2,40	2,96	2,31	1,33
3	1,89	1,71	1,71	2,18	1,89	1,44	2,18	2,48	2,77	2,77	1,89	1,59
26F01 (a)												
N	8,43	9,43	9,47	10,11	9,88	10,42	9,94	10,72	10,99	10,99	10,46	9,60
1	3,12	2,97	2,94	3,42	3,42	3,27	2,84	3,78	4,18	4,18	4,18	2,52
2	1,78	1,34	1,39	1,68	1,34	1,46	1,00	2,14	2,17	2,14	1,68	2,37
3	2,07	1,27	1,80	2,34	2,34	2,41	2,21	2,38	2,61	2,38	2,07	2,34
26G01												
N	9,37	7,94	9,56	9,61	9,21	9,61	9,40	10,14	10,42	10,42	9,86	9,28
1	2,76	2,62	2,88	2,52	3,12	3,08	3,73	3,52	3,75	3,89	3,63	2,44
2	1,73	1,98	1,73	2,40	2,09	1,73	1,65	2,47	2,40	2,57	2,96	2,17
3	1,60	1,00	1,33	1,67	2,00	1,83	1,62	1,80	2,00	2,00	1,83	1,80
26J01												
N	8,07	7,24	7,59	8,18	8,21	8,04	8,47	8,93	9,18	9,18	8,41	8,90
1	2,56	2,64	2,83	3,29	2,67	3,07	3,52	3,82	3,84	3,96	3,70	2,97
2	1,92	1,44	1,76	1,38	1,76	2,22	2,09	1,76	2,53	2,53	2,15	1,76
3	3,27	4,40	4,02	5,53	3,83	4,78	4,63	4,63	4,63	5,53	5,53	5,53
26L01												
N	10,17	10,13	9,74	10,58	11,00	10,43	10,98	11,02	11,61	11,61	10,40	10,61
1	4,02	4,32	4,03	3,46	4,07	4,28	3,49	4,86	4,91	5,10	4,71	3,39
2	1,65	1,22	1,52	1,65	1,75	1,56	1,79	1,73	2,31	2,15	1,94	1,37
3	1,78	2,36	2,63	3,17	2,63	3,71	2,63	2,63	3,71	3,71	3,71	3,71
27E01 (a)												
N	8,55	8,29	9,30	9,72	9,78	10,08	10,37	10,12	10,63	10,37	9,82	9,80
1	2,83	3,30	2,62	2,98	2,87	3,30	3,79	3,77	3,95	3,94	3,46	2,71
2	1,22	1,77	1,80	1,90	1,72	1,90	1,90	1,90	2,49	2,44	1,30	2,20
3	1,62	1,39	1,78	1,52	2,03	2,55	2,11	2,11	2,55	2,33	2,03	2,29
27G01												
N	9,10	7,93	8,83	8,89	9,13	8,67	8,92	9,66	9,66	9,65	9,37	8,64
1	2,92	3,50	2,96	3,59	3,32	2,89	3,76	4,07	4,24	4,40	3,78	3,27
2	1,00	1,31	1,00	1,31	1,42	1,89	1,25	1,83	2,25	2,25	2,00	1,00
3	2,83	2,60	3,56	4,19	2,60	3,13	3,56	3,79	4,19	4,19	2,83	3,56
27H01												
N	8,57	7,29	9,09	8,84	8,84	8,25	8,57	9,14	9,65	9,65	8,84	8,76
1	3,45	2,89	3,53	3,60	2,84	3,97	3,25	4,37	4,37	4,37	4,23	3,09
2	1,55	2,09	2,09	2,56	2,25	2,21	2,46	2,25	2,64	3,19	1,55	2,09
3	3,09	3,09	3,61	3,90	2,74	3,61	3,78	4,48	3,98	4,48	4,48	3,49

Quadro C.7 Tempo esperado de permanência ininterrupta (formulação não homogênea) para as classes de seca em 49 postos e região (continuação)

Classes de seca	Tempo esperado de permanência ininterrupta (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
27I01												
N	7,62	6,80	7,85	7,40	7,62	7,62	8,23	8,27	8,49	8,73	8,73	7,23
1	2,55	2,04	2,39	2,51	2,66	3,10	2,93	3,44	3,25	3,44	3,06	2,55
2	1,00	1,46	1,20	1,28	1,00	2,39	1,23	1,70	2,39	1,70	1,00	1,70
3	2,36	1,59	2,78	2,98	2,59	3,38	2,98	3,38	3,38	3,38	3,08	3,04
27K01 (a)												
N	10,62	10,26	9,86	10,30	10,48	10,07	10,59	11,58	11,58	11,58	10,90	10,59
1	3,89	2,72	3,43	4,00	2,91	3,25	3,73	4,05	4,06	4,30	3,67	3,45
2	1,78	1,31	2,17	2,04	1,78	1,78	1,78	1,67	2,56	2,30	1,62	1,39
3	2,97	3,37	2,69	4,95	4,95	3,96	4,95	4,95	4,95	4,95	4,16	4,95
28H01												
N	9,01	8,61	10,01	10,04	9,74	9,78	10,95	10,09	10,95	10,95	10,64	10,07
1	3,36	3,36	3,12	3,69	3,46	3,41	4,05	4,54	4,54	4,54	3,92	3,09
2	1,55	1,26	1,32	1,48	1,43	1,55	1,64	2,07	2,10	2,28	1,73	1,64
3	3,03	3,28	2,52	3,43	2,22	4,04	3,17	3,03	4,04	3,54	3,43	3,43
28I01												
N	10,14	10,25	9,87	9,78	9,72	10,40	11,06	11,08	11,40	11,08	11,40	9,96
1	3,38	3,38	3,31	3,69	3,84	4,18	4,31	4,59	4,74	4,60	3,91	3,67
2	1,34	1,86	1,38	1,74	1,98	2,43	1,43	1,57	2,72	2,72	2,72	1,00
3	1,82	1,77	1,64	2,28	2,44	2,28	2,28	2,92	2,92	2,92	2,65	2,92
29G01												
N	12,01	11,56	12,26	12,29	12,01	12,35	12,70	13,03	13,02	13,39	13,01	11,88
1	5,09	4,07	4,39	3,75	4,57	4,84	5,31	5,52	5,52	5,52	5,15	3,89
2	1,20	1,00	1,50	1,33	1,67	1,40	1,60	2,00	2,00	2,00	1,75	1,50
3	2,54	4,07	2,92	4,84	3,56	2,92	4,84	4,84	4,29	4,84	4,84	4,07
29G02												
N	9,80	9,32	9,91	10,60	10,60	10,92	10,63	11,56	11,56	11,56	11,56	10,35
1	2,61	2,51	2,65	3,06	3,10	3,20	3,39	3,77	3,89	3,89	3,51	2,71
2	1,34	2,17	2,02	1,61	2,36	1,68	1,68	2,70	3,05	3,05	2,36	1,41
3	2,97	3,58	2,72	4,45	2,72	3,58	3,58	4,45	4,45	4,45	3,30	3,07
30E01												
N	8,36	8,03	9,10	8,87	8,91	8,87	9,47	10,00	10,00	10,00	9,76	7,63
1	3,87	3,50	3,80	3,45	4,13	3,71	4,03	4,65	4,83	4,64	4,83	3,37
2	1,73	1,73	2,04	1,91	2,14	1,26	1,00	2,82	2,82	2,46	1,91	1,91
3	2,64	2,37	3,05	3,05	2,37	3,05	2,83	2,96	3,74	3,74	3,28	2,83
30F01 (a)												
N	8,80	9,17	9,12	9,52	9,55	9,58	9,55	10,36	10,62	10,62	9,61	10,06
1	2,89	2,56	2,07	2,41	2,22	2,67	2,62	3,05	3,43	3,30	3,16	2,77
2	1,62	1,25	1,21	1,16	1,41	1,62	1,18	1,99	2,24	1,99	1,93	1,83
3	2,56	2,75	1,58	2,40	1,93	3,34	2,56	3,34	3,34	3,34	2,67	3,34
30H03												
N	11,13	11,13	11,19	12,06	12,06	12,79	12,79	13,16	12,80	13,16	13,16	11,77
1	2,68	3,19	2,60	3,81	3,10	4,19	4,07	4,22	4,37	4,37	3,81	3,08
2	1,23	1,46	1,80	1,50	2,61	1,67	2,29	2,61	2,38	2,61	2,61	1,80
3	1,73	1,37	1,29	2,47	1,73	1,98	1,98	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47

—Não-seca 1—Seca Ligeira 2—Seca Moderada 3—Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.8 Tempo esperado de chegada à classe de seca *j* partindo da classe *i* em 49 postos

Posto	Tempo esperado de chegada à classe de seca <i>j</i> partindo da classe de seca <i>i</i> (meses)															
	<i>j</i> = N				<i>j</i> = 1				<i>j</i> = 2				<i>j</i> = 3			
	<i>i</i> = N	<i>i</i> = 1	<i>i</i> = 2	<i>i</i> = 3	<i>i</i> = N	<i>i</i> = 1	<i>i</i> = 2	<i>i</i> = 3	<i>i</i> = N	<i>i</i> = 1	<i>i</i> = 2	<i>i</i> = 3	<i>i</i> = N	<i>i</i> = 1	<i>i</i> = 2	<i>i</i> = 3
16L03	1,99	11,78	16,54	19,51	12,44	3,09	4,76	7,73	35,03	24,35	8,54	10,91	95,29	84,28	65,38	17,51
17J01	2,01	9,99	14,38	17,72	10,11	2,96	4,39	7,73	36,14	26,81	11,32	12,94	78,64	69,07	51,86	13,18
17L02	2,00	8,78	13,29	14,41	9,62	3,14	4,51	5,63	31,83	24,56	10,05	14,20	50,32	43,14	28,14	12,08
17M01	1,97	15,84	18,80	21,65	16,32	3,28	5,71	7,93	33,58	17,26	7,66	7,52	87,90	71,58	54,32	17,48
18G01	1,93	9,70	14,54	16,23	10,95	3,27	5,56	8,32	34,02	24,62	9,93	12,09	70,97	61,47	38,74	13,18
18M01	2,08	9,72	13,63	15,53	9,57	2,76	4,65	6,38	32,74	25,31	10,38	8,78	65,42	57,50	39,04	16,37
19G02	1,90	7,77	12,58	17,24	9,14	3,40	6,32	10,63	36,26	28,57	11,93	12,36	78,48	70,47	49,68	10,44
19J03	2,00	13,50	20,09	23,00	14,45	3,24	6,60	9,50	40,89	28,89	7,99	8,37	90,32	78,13	51,86	15,25
19L01	2,04	10,97	14,23	16,25	10,95	3,11	5,16	6,43	27,39	17,67	7,94	10,40	68,70	58,90	42,71	15,76
19L02	1,97	11,46	16,37	17,90	12,19	3,27	4,91	6,44	36,03	24,42	9,80	10,86	56,22	45,56	27,80	11,82
19M01	2,00	10,66	15,14	17,62	10,90	2,96	5,35	7,55	37,79	27,79	10,92	12,56	75,06	64,87	43,86	14,01
19N01	1,96	10,53	17,28	19,37	11,66	3,39	6,74	8,84	41,76	32,20	8,76	16,00	74,60	64,46	43,01	12,26
20I01	2,13	11,81	16,59	19,32	10,44	2,71	5,72	8,27	38,38	27,93	10,75	8,86	80,74	70,30	44,59	14,63
20L01	2,00	16,61	21,77	24,52	17,01	3,11	5,16	7,91	40,95	25,20	9,24	9,26	82,81	66,90	45,77	14,04
20O01	2,15	13,32	17,46	19,25	11,94	2,65	4,14	5,93	35,10	23,99	8,48	3,67	75,68	65,99	49,31	25,40
21F01	2,00	10,55	15,26	16,91	11,42	3,26	5,49	6,82	31,54	22,38	9,03	12,80	61,43	52,02	32,68	12,33
21G02	1,99	9,25	13,92	17,23	10,00	3,16	4,67	7,98	30,75	22,71	9,19	9,62	78,69	70,35	51,73	13,78
21J02	1,96	9,89	14,28	19,08	11,00	3,01	5,27	9,87	37,43	27,94	11,59	11,99	98,03	90,29	68,73	13,73
21K01	2,08	10,81	15,77	20,48	10,05	2,82	4,96	9,67	43,84	33,79	11,86	12,46	89,99	79,94	63,40	12,70
21M01	2,06	14,21	19,19	22,42	13,73	2,89	6,20	9,25	40,38	27,82	9,70	8,28	89,96	77,31	52,01	14,97
21M02	2,00	11,01	15,88	20,16	11,32	3,11	6,81	10,61	37,53	27,13	11,45	12,28	83,46	72,99	48,40	10,92
22E01	1,89	10,23	15,18	18,00	12,74	3,31	4,95	7,77	38,22	29,41	12,76	16,56	70,81	60,95	40,70	11,17
22H01	1,96	10,08	15,37	18,32	10,77	3,29	6,17	8,98	36,97	27,04	10,61	8,34	66,07	56,01	34,06	10,84
22J01	2,02	11,91	17,57	19,39	11,96	3,17	5,66	7,48	37,24	26,22	8,71	6,17	60,87	49,69	28,86	13,23
23E01	2,01	9,73	13,61	17,22	9,60	2,87	6,71	9,62	41,17	31,57	12,46	12,48	83,12	73,53	50,54	13,28
23G01	2,04	8,13	14,98	16,68	8,12	2,90	6,85	8,54	44,52	37,28	12,60	14,67	70,19	62,86	30,32	11,76
24F01	1,99	10,33	13,61	17,53	10,38	3,13	6,31	9,29	33,88	23,50	10,60	12,15	75,42	65,04	47,98	11,81
24H01	1,99	9,97	13,13	15,83	10,13	3,10	4,95	7,09	29,04	18,92	9,93	9,60	68,67	58,54	41,12	13,63
24I01	2,01	10,80	14,09	16,88	11,09	3,06	4,59	7,22	28,57	18,75	9,24	5,38	67,32	57,35	41,28	14,59
24J03	1,94	10,38	16,17	18,62	11,05	3,33	6,73	8,94	39,20	28,15	9,22	11,51	78,85	67,80	41,98	13,22
24N01	2,10	11,32	15,72	18,45	10,55	2,91	5,25	7,71	34,74	25,01	8,85	11,77	77,56	67,58	51,64	14,87
25J02	2,07	10,50	14,94	17,57	10,27	2,79	5,20	9,44	34,84	26,18	10,66	9,33	88,55	79,76	56,10	15,30
25P01	2,07	9,51	13,79	15,17	8,89	2,94	5,77	6,74	35,09	26,20	9,72	9,69	53,96	45,07	27,03	13,55
26F01	1,86	8,84	15,39	16,51	10,97	3,57	7,47	9,29	41,68	32,67	11,69	16,51	63,62	54,41	25,78	10,20
26G01	1,92	9,67	15,55	16,61	11,14	3,34	6,78	8,70	38,37	29,06	10,20	13,76	66,59	57,18	30,03	12,14
26J01	1,98	9,54	14,11	17,04	9,71	3,11	7,29	9,18	38,92	29,20	10,47	15,92	79,69	69,97	46,17	12,79
26L01	1,96	11,11	14,89	16,63	11,53	3,10	6,40	8,90	37,80	26,28	10,03	10,66	72,07	60,54	40,40	14,68
27E01	1,92	9,97	14,22	16,66	11,29	3,35	4,94	7,23	31,39	21,50	9,79	8,17	63,91	53,87	35,17	12,60
27G01	1,95	9,49	14,08	17,01	10,27	3,23	6,13	9,91	36,46	26,99	12,53	9,25	66,35	56,76	35,10	10,29
27H01	2,09	10,53	15,86	19,33	10,35	2,95	6,26	9,47	37,76	28,96	11,26	13,27	71,45	63,70	41,55	10,58
27I01	2,02	9,02	13,73	18,77	8,87	2,90	5,57	10,49	40,70	31,83	18,00	10,67	79,22	70,35	46,28	9,66
27K01	2,09	12,78	16,62	19,85	11,70	2,77	4,78	7,62	37,15	25,45	11,45	15,44	82,92	71,22	53,11	13,55
28H01	2,02	11,38	15,88	17,92	11,14	3,06	6,27	9,21	38,67	27,53	10,79	10,90	66,23	55,09	34,88	11,70
28I01	2,06	12,10	16,66	19,64	11,63	2,73	4,56	7,54	39,14	28,47	14,32	12,42	78,01	67,22	43,19	12,68
29G01	1,97	12,92	19,43	22,43	13,32	3,01	10,34	12,24	59,56	46,23	14,92	18,07	88,40	75,08	36,06	10,72
29G02	2,04	12,46	16,75	19,89	12,03	3,06	5,14	8,11	34,23	22,19	9,42	8,44	75,31	63,28	44,62	13,09
30E01	1,99	9,64	16,21	17,90	10,41	2,95	6,57	8,27	45,77	37,16	12,89	15,36	71,87	64,17	31,94	12,20
30F01	1,89	9,29	13,87	17,42	10,93	3,43	4,58	8,13	32,30	22,73	10,70	9,01	72,95	63,21	44,01	11,71
30H03	1,98	12,93	17,30	18,65	13,19	3,16	6,38	8,86	39,01	25,82	9,17	10,53	70,96	57,77	37,50	14,35
Região	2,04	11,52	15,55	17,77	11,64	3,02	6,74	9,57	36,51	26,78	11,61	9,44	60,90	50,81	30,45	10,73

Quadro C.9 Tempo esperado de chegada à classe de Não-seca (N) partindo da classe de seca *i* num dado mês (formulação não homogênea), em 49 postos (continua)

Classe de seca <i>i</i>	Tempo esperado de chegada a N (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
16L03												
N	2,45	3,51	2,30	2,51	2,65	2,14	1,80	1,40	1,00	1,00	1,30	1,73
1	8,52	10,75	11,31	11,21	12,46	13,58	12,91	12,77	12,84	11,70	11,55	10,53
2	15,84	17,18	17,22	17,89	17,32	17,57	16,10	16,10	16,23	15,23	14,23	15,93
3	17,48	16,25	17,70	19,45	19,57	21,07	21,39	21,46	20,46	19,46	18,46	18,48
17J01												
N	2,93	2,59	2,21	2,23	2,95	1,66	1,34	1,65	1,57	1,00	2,05	2,12
1	9,24	9,11	9,88	9,98	10,17	10,73	10,27	10,89	11,75	10,59	9,92	9,42
2	11,58	12,53	14,84	14,86	14,60	15,03	14,99	16,06	14,81	13,81	12,81	12,11
3	15,49	15,56	19,10	18,10	20,24	19,24	18,24	17,83	16,83	16,12	15,51	15,70
17L02 (a)												
N	1,44	2,78	3,00	2,80	2,27	1,88	1,93	1,56	1,00	1,00	2,11	2,08
1	8,04	7,41	7,21	8,79	10,23	10,45	10,01	10,18	9,22	8,21	7,57	7,55
2	10,36	13,99	14,17	14,04	13,12	14,64	13,79	13,03	13,43	12,43	11,43	10,49
3	12,01	9,84	13,74	15,37	15,41	15,65	15,23	15,02	14,14	13,14	12,26	13,01
17M01												
N	2,60	3,24	3,11	2,39	1,53	2,02	2,56	1,00	1,00	1,45	1,45	1,43
1	14,64	13,59	13,92	17,43	16,26	17,43	17,76	18,24	17,85	16,85	15,85	15,41
2	16,65	16,51	19,48	20,40	21,09	21,82	21,58	20,21	19,34	18,34	17,34	16,64
3	20,09	19,09	23,87	22,87	21,87	22,01	22,35	22,12	21,56	20,56	20,12	19,94
18G01 (a)												
N	1,98	2,61	3,06	2,26	1,61	2,19	1,98	1,29	1,27	1,00	2,02	1,99
1	8,43	8,08	8,98	9,68	10,70	10,64	10,96	11,74	10,43	9,43	8,68	8,89
2	11,80	13,69	15,52	13,90	15,27	16,09	15,47	15,03	13,53	13,15	12,15	12,50
3	12,81	11,81	13,56	18,16	17,16	17,57	16,94	16,24	15,53	14,76	14,08	13,47
18M01												
N	2,35	2,77	2,60	2,89	3,08	2,39	1,37	1,00	1,00	1,00	1,76	2,56
1	7,89	7,84	9,66	8,56	11,00	12,12	11,47	11,07	10,34	9,59	8,59	8,32
2	10,64	11,19	12,73	14,95	15,11	15,22	14,22	14,07	13,75	12,75	11,51	11,34
3	11,92	13,74	15,84	17,93	16,93	16,10	15,99	14,99	14,14	13,14	12,46	11,58
19G02												
N	2,34	2,35	2,73	2,02	1,98	2,99	1,89	1,28	1,00	1,00	1,57	1,56
1	6,49	6,29	6,05	7,35	8,41	9,06	9,19	9,81	9,65	9,06	8,06	7,05
2	11,20	12,00	11,06	12,90	13,65	13,92	14,79	13,22	12,22	10,67	9,94	8,08
3	14,15	15,15	18,91	17,91	16,91	17,28	16,58	16,05	15,52	14,52	13,52	14,30
19J03												
N	2,64	2,30	3,24	3,11	1,44	2,39	1,45	1,41	1,00	1,00	1,64	2,10
1	11,38	11,13	12,25	15,10	15,20	14,63	15,72	15,25	14,03	13,03	12,03	10,52
2	18,03	21,21	20,97	20,09	20,44	21,37	20,95	19,89	18,89	17,89	17,59	16,37
3	22,96	22,21	21,91	23,81	22,81	23,72	23,31	23,51	23,24	23,32	22,32	22,97
19L01 (a)												
N	2,49	3,64	2,52	2,30	2,96	1,77	2,16	1,39	1,00	1,32	1,88	1,33
1	10,22	10,08	9,79	11,02	10,74	12,57	12,65	13,11	13,18	12,18	11,18	9,93
2	12,68	10,25	13,24	14,84	16,16	17,58	16,33	16,01	14,85	13,71	12,72	12,14
3	14,70	15,51	19,23	18,23	17,49	17,91	17,30	16,40	15,58	15,16	14,16	14,58
19L02												
N	1,66	3,06	3,05	2,47	1,39	3,03	1,86	1,00	1,33	1,00	1,83	1,58
1	8,97	11,60	11,79	10,88	11,76	13,10	12,18	13,31	12,11	11,11	10,11	9,16
2	17,16	16,26	16,54	17,59	15,70	14,94	17,45	16,28	15,49	14,49	13,52	12,70
3	15,93	15,59	16,28	19,47	19,39	19,27	18,55	18,18	18,03	17,03	16,66	17,28

Quadro C.9 Tempo esperado de chegada à classe de Não-seca (N) partindo da classe de seca *i* num dado mês (formulação não homogénea), em 49 postos (continuação)

Classe de seca <i>i</i>	Tempo esperado de chegada a N (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
19M01												
N	2,99	2,57	3,53	2,56	2,12	2,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,72	1,51
1	8,17	8,76	8,62	12,31	13,69	13,03	11,60	11,69	11,01	10,46	9,91	8,43
2	13,16	15,13	16,96	17,02	15,48	16,30	16,75	15,34	14,43	13,43	12,43	13,48
3	16,13	16,40	16,45	18,27	19,05	18,63	19,40	18,40	17,40	16,40	15,40	15,39
19N01												
N	2,29	2,70	2,30	2,61	2,07	2,31	1,00	1,62	1,31	1,00	2,10	2,40
1	9,81	8,35	8,87	10,43	11,30	12,14	11,80	12,40	11,79	11,51	10,51	10,14
2	15,95	17,59	15,65	17,18	17,17	17,51	17,30	18,29	17,32	16,32	15,32	14,32
3	13,47	12,13	19,47	20,48	20,06	19,83	19,21	18,18	17,18	16,18	15,16	14,96
20I01												
N	2,60	3,10	2,93	2,76	2,57	2,66	2,34	1,43	1,00	1,00	1,00	1,92
1	10,47	10,87	11,53	10,61	13,17	12,94	12,84	12,95	12,61	11,41	10,41	10,62
2	14,71	15,89	16,80	18,14	16,58	17,70	16,15	19,54	18,08	17,08	15,80	15,47
3	17,26	16,38	20,24	20,35	20,73	19,73	20,85	19,85	19,00	18,19	17,19	17,62
20L01												
N	1,85	3,74	2,63	2,47	2,68	2,03	2,07	1,00	1,00	1,00	1,88	1,41
1	13,69	14,52	14,50	17,96	17,68	19,65	18,03	17,64	16,48	15,48	14,49	14,45
2	18,48	19,78	23,52	23,16	22,90	22,22	22,32	22,05	20,43	19,43	19,22	18,84
3	21,66	23,00	24,99	24,54	25,50	24,50	24,28	24,51	23,51	23,13	22,13	22,66
20O01												
N	3,30	2,96	1,90	2,67	3,42	2,43	1,50	1,47	1,00	1,00	1,69	2,40
1	10,51	11,88	12,64	13,89	14,18	15,95	15,23	14,96	14,52	13,42	12,72	11,03
2	16,88	16,73	17,42	18,32	18,08	18,21	18,53	17,82	17,20	16,20	15,12	16,60
3	17,73	17,77	20,90	21,49	20,49	20,34	19,75	19,22	20,24	19,24	18,24	17,88
21F01												
N	2,49	3,25	2,57	2,43	2,28	2,03	2,13	1,36	1,00	1,00	1,53	1,78
1	8,85	9,74	9,63	10,07	12,19	11,54	11,30	12,08	11,97	10,97	9,61	8,98
2	14,32	13,36	15,22	16,06	16,80	16,75	16,40	14,90	14,68	13,80	13,34	14,23
3	13,59	14,49	15,99	18,85	17,85	18,17	17,33	16,90	16,50	15,50	14,80	13,80
21G02												
N	2,33	3,63	2,76	1,55	1,62	2,99	1,69	1,61	1,00	1,25	1,70	1,80
1	7,48	8,53	8,16	9,73	9,12	10,52	10,51	11,73	11,05	10,05	8,73	7,95
2	10,73	12,74	16,11	13,94	13,71	16,83	15,83	14,32	13,70	12,89	11,89	11,73
3	15,60	16,12	18,10	19,56	18,56	17,56	17,11	16,71	16,71	16,65	15,65	14,65
21J02												
N	1,84	2,52	1,70	1,99	2,56	2,48	2,30	2,07	1,00	1,57	1,54	1,98
1	7,60	7,69	8,87	8,39	8,94	11,26	11,23	11,42	12,11	11,04	9,95	8,95
2	13,50	13,28	16,29	13,11	15,27	15,78	15,35	18,34	13,25	12,45	11,70	13,02
3	19,23	18,23	19,32	18,32	20,95	19,95	20,16	19,16	21,43	20,43	19,43	20,23
21K01												
N	2,43	1,64	2,42	1,63	3,67	1,34	2,68	1,00	1,31	1,00	2,47	3,07
1	11,03	11,41	10,31	9,95	10,44	11,35	10,44	10,73	11,43	10,43	9,84	9,98
2	13,74	14,52	15,45	16,08	18,41	20,45	19,33	18,04	16,66	15,66	14,66	13,66
3	15,71	16,45	21,47	22,67	21,67	20,67	19,67	18,92	18,18	17,18	16,18	16,22
21M01												
N	3,21	4,07	3,12	2,44	2,00	2,79	1,00	1,00	1,00	1,38	1,76	1,00
1	11,78	12,52	12,88	15,92	15,86	16,57	15,25	15,28	14,96	13,96	12,96	12,50
2	17,19	18,63	20,84	17,51	20,17	20,06	22,34	20,93	20,31	19,31	18,31	17,13
3	19,43	18,22	22,27	25,02	25,31	24,31	23,95	22,95	23,05	22,05	21,05	20,05

Quadro C.9 Tempo esperado de chegada à classe de Não-seca (N) partindo da classe de seca *i* num dado mês (formulação não homogênea), em 49 postos (continuação)

Classe de seca <i>i</i>	Tempo esperado de chegada a N (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
21M02												
N	1,94	3,30	2,26	2,19	2,10	2,63	1,38	1,96	1,31	1,00	1,47	2,00
1	9,39	11,54	11,19	11,00	10,43	12,09	11,77	12,39	11,17	9,96	9,48	7,74
2	14,21	12,89	16,56	17,56	16,32	15,91	17,03	17,19	16,19	15,19	15,36	16,02
3	17,04	18,14	19,12	20,69	20,81	20,59	20,10	19,10	18,74	17,74	16,74	17,33
22E01												
N	2,75	2,60	3,20	2,39	1,33	1,65	1,95	1,32	1,00	1,26	1,25	2,17
1	8,20	9,01	9,09	10,77	12,14	12,28	12,41	12,09	11,48	10,48	9,48	8,70
2	13,77	14,61	14,68	15,80	17,47	16,39	16,52	15,71	14,71	13,71	12,71	12,72
3	12,61	12,91	17,59	19,89	19,24	18,71	17,94	17,15	16,35	15,35	14,35	13,61
22H01 (a)												
N	2,15	2,75	2,46	2,07	2,20	2,58	2,14	1,35	1,00	1,30	1,55	2,18
1	10,05	9,82	8,41	9,04	9,07	10,21	11,07	12,88	12,58	12,22	11,12	9,98
2	12,94	14,27	15,70	17,66	16,92	18,41	18,16	15,52	15,01	14,01	13,01	12,50
3	16,89	17,92	18,14	20,42	20,26	19,90	20,00	19,00	18,00	17,00	16,43	17,10
22J01 (a)												
N	2,83	2,78	2,42	2,44	2,17	2,05	2,76	1,41	1,37	1,00	1,66	1,31
1	10,01	11,37	10,39	11,39	11,87	12,92	12,22	14,54	14,05	12,67	11,67	10,85
2	15,74	16,79	17,36	17,85	18,07	19,15	18,73	17,44	17,87	16,87	15,69	14,41
3	18,97	18,75	20,34	20,34	20,60	20,05	19,36	19,29	18,40	17,57	16,57	17,53
23E01												
N	2,66	2,76	3,25	2,47	2,05	1,00	2,53	1,60	1,28	1,00	1,46	1,89
1	6,88	8,84	10,59	10,41	9,69	10,50	11,09	11,32	10,51	9,51	8,51	7,51
2	10,29	11,07	13,26	15,04	16,03	20,28	15,72	14,72	13,72	12,09	11,52	12,03
3	14,95	15,94	16,45	21,74	20,74	19,57	19,28	18,28	18,16	17,16	16,16	15,95
23G01												
N	1,78	2,77	2,71	2,71	1,81	2,40	2,36	1,53	1,27	1,23	1,64	2,09
1	6,75	8,10	8,19	8,84	7,26	8,39	8,17	10,54	9,23	8,98	7,98	7,03
2	14,24	13,75	13,69	13,86	17,07	18,00	15,75	17,35	16,35	15,35	14,35	12,95
3	13,21	14,27	16,38	18,06	17,06	18,93	18,65	17,65	16,70	15,75	14,75	14,56
24F01												
N	2,48	3,13	1,61	2,49	2,51	1,92	2,62	1,38	1,31	1,00	1,52	1,93
1	10,28	10,39	9,72	8,87	10,10	10,58	10,47	11,04	12,41	11,30	10,20	9,01
2	11,07	9,74	10,93	16,90	15,83	15,45	14,45	15,26	14,24	13,24	12,24	12,31
3	13,21	13,85	17,90	16,91	18,83	17,83	17,89	17,22	16,22	15,22	14,22	13,67
24H01												
N	2,53	3,52	1,88	2,77	1,35	2,39	2,06	1,65	1,00	1,00	1,77	1,86
1	9,15	9,20	9,25	8,76	11,67	12,56	10,55	11,63	11,05	9,89	9,31	8,71
2	12,69	10,53	12,73	15,23	15,40	14,43	14,82	14,43	12,90	11,74	10,74	9,03
3	13,89	15,35	17,75	17,13	17,22	17,11	16,53	15,90	15,40	14,40	14,46	14,65
24I01												
N	1,30	3,20	2,80	2,84	1,73	1,64	2,73	1,00	1,30	1,00	2,08	2,43
1	10,50	10,35	9,92	10,64	12,51	12,82	11,27	11,43	11,21	9,98	9,28	8,93
2	12,92	11,84	12,47	16,91	15,49	14,95	15,29	15,16	13,56	12,62	11,62	13,11
3	13,21	14,45	17,97	16,99	17,47	17,99	17,56	16,56	15,96	14,96	14,90	14,10
24J03												
N	2,59	2,87	3,80	1,67	1,33	1,92	1,96	1,59	1,55	1,00	1,52	1,44
1	7,78	9,53	9,63	11,56	11,01	11,27	11,03	11,54	10,89	9,89	8,89	8,82
2	13,24	13,36	17,82	17,00	16,58	15,59	17,27	16,75	16,13	15,13	13,57	10,92
3	16,54	18,12	20,17	19,17	18,70	19,85	18,85	18,58	17,94	17,40	16,40	16,71

Quadro C.9 Tempo esperado de chegada à classe de Não-seca (N) partindo da classe de seca *i* num dado mês (formulação não homogénea), em 49 postos (continuação)

Classe de seca <i>i</i>	Tempo esperado de chegada a N (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
24N01												
N	1,63	3,51	2,91	2,06	3,05	1,80	2,85	1,41	1,37	1,00	1,31	2,04
1	10,78	10,94	9,30	11,45	11,28	13,15	13,14	12,59	12,32	11,32	10,75	9,48
2	15,25	13,35	16,02	16,16	16,86	16,77	16,65	16,13	15,54	14,54	13,93	14,32
3	15,13	17,71	19,18	18,68	19,49	20,20	19,20	18,89	18,68	17,68	16,68	16,13
25J02												
N	2,38	2,78	3,02	2,11	1,71	2,62	2,47	1,34	1,31	1,00	1,55	2,31
1	9,54	10,44	10,36	9,81	11,06	11,75	11,32	11,72	10,72	9,72	9,42	8,79
2	13,45	15,63	14,80	16,46	13,82	14,97	14,68	15,64	15,30	14,30	13,47	12,76
3	14,51	12,10	20,89	19,89	18,89	18,37	18,58	18,55	18,30	17,30	16,30	15,30
25P01												
N	2,44	2,94	3,04	2,40	1,95	2,08	1,33	2,08	1,29	1,00	2,24	1,88
1	9,40	10,34	9,71	9,02	10,48	10,10	8,66	9,78	9,22	8,97	9,44	8,91
2	12,79	11,20	10,69	14,87	14,34	15,50	15,56	14,54	13,54	12,95	11,95	10,71
3	13,32	13,44	16,52	16,49	16,07	14,64	14,78	15,79	15,04	14,04	13,04	13,97
26F01 (a)												
N	3,35	2,27	2,27	1,85	2,03	1,60	2,14	1,27	1,00	1,00	1,37	2,35
1	8,65	8,54	8,11	8,35	9,65	9,24	10,52	10,80	10,09	9,09	8,09	7,09
2	14,15	14,70	17,67	15,49	16,30	15,62	15,23	15,54	15,43	14,19	14,21	15,15
3	13,12	12,37	16,63	19,34	18,75	18,18	18,13	17,65	16,86	15,86	14,97	13,37
26G01												
N	2,48	3,29	1,79	1,97	2,24	2,03	2,26	1,30	1,00	1,00	1,45	1,94
1	7,72	9,42	8,69	8,65	11,31	9,68	12,01	11,63	10,12	9,55	8,55	7,69
2	13,52	17,30	18,82	15,73	16,09	16,07	14,08	15,98	14,18	13,27	13,20	12,20
3	13,91	9,98	15,48	19,08	19,08	18,08	18,09	17,75	17,39	16,39	15,39	14,83
26J01												
N	2,17	3,21	2,68	2,20	2,27	2,65	1,96	1,30	1,00	1,00	1,64	1,24
1	7,34	8,66	9,33	8,66	9,92	10,80	11,86	11,15	9,96	8,79	7,79	6,85
2	12,93	11,31	13,12	15,58	14,10	15,39	15,02	13,86	13,89	12,89	11,89	12,23
3	14,30	17,06	18,30	18,16	17,16	18,45	17,94	17,71	17,42	17,30	16,30	15,30
26L01												
N	2,59	2,47	2,77	2,15	1,71	2,36	1,76	1,65	1,00	1,00	2,02	1,98
1	10,43	11,75	10,62	10,04	11,84	12,38	12,22	12,98	11,79	11,30	10,30	8,96
2	15,28	14,53	15,11	15,99	16,14	15,62	15,98	14,58	15,01	14,01	12,50	12,51
3	14,59	14,02	18,49	18,50	17,84	18,73	17,73	18,16	18,59	17,59	16,59	15,59
27E01 (a)												
N	3,23	3,49	2,36	2,00	1,94	1,68	1,33	1,56	1,00	1,24	1,71	1,78
1	9,07	10,04	9,57	9,88	10,67	10,61	11,82	12,09	10,67	10,21	8,99	8,48
2	12,45	12,27	15,05	15,53	15,28	15,99	16,81	14,94	14,44	13,09	12,86	12,32
3	13,74	14,57	14,61	17,34	18,46	18,19	17,19	16,69	16,20	15,20	14,42	13,96
27G01												
N	1,94	3,10	2,13	2,00	1,82	2,44	2,28	1,31	1,27	1,25	1,52	2,18
1	8,27	8,66	9,44	9,34	8,73	9,26	10,36	11,52	10,82	9,59	8,59	8,63
2	9,66	13,67	13,37	14,15	17,70	15,62	15,02	14,86	15,38	14,38	13,38	11,66
3	15,43	15,01	18,57	18,43	17,43	17,24	16,85	16,10	15,06	14,06	13,06	15,28
27H01												
N	2,28	4,01	1,61	1,84	2,10	2,78	2,84	1,71	1,00	1,00	1,83	1,93
1	8,97	10,21	10,33	9,50	8,99	11,71	10,96	13,04	12,04	11,04	10,04	8,90
2	13,54	11,89	16,60	17,23	17,10	17,67	17,70	15,19	15,81	13,61	12,61	12,25
3	16,14	17,87	19,14	18,45	19,14	18,60	19,81	19,72	18,72	18,40	17,40	16,40

Quadro C.9 Tempo esperado de chegada à classe de Não-seca (N) partindo da classe de seca *i* num dado mês (formulação não homogênea), em 49 postos (continuação)

Classe de seca <i>i</i>	Tempo esperado de chegada a N (meses)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
27I01												
N	2,11	3,32	1,95	2,61	2,46	2,30	1,66	1,54	1,26	1,00	1,00	2,54
1	7,91	7,74	9,30	8,32	9,38	10,20	9,12	10,25	9,25	8,24	7,24	7,02
2	6,16	14,51	13,35	13,67	15,92	15,63	14,63	14,48	17,71	16,71	16,15	8,03
3	15,49	14,47	17,88	19,73	19,30	19,63	18,63	18,26	17,26	16,26	15,26	15,15
27K01 (a)												
N	1,98	2,64	3,05	2,34	2,55	3,14	2,34	1,00	1,00	1,00	1,73	2,05
1	11,16	10,79	13,16	12,67	11,07	15,01	15,01	14,28	13,71	12,50	11,50	11,32
2	19,01	17,14	17,57	17,86	17,66	18,30	16,63	16,99	16,29	15,29	14,85	17,65
3	18,22	18,89	21,04	24,68	23,68	22,68	23,91	22,91	21,91	20,91	19,91	19,22
28H01												
N	3,23	3,67	2,04	2,01	2,50	2,53	1,00	1,95	1,00	1,00	1,28	1,83
1	9,40	11,46	11,35	11,08	11,06	12,37	12,99	12,03	11,03	10,03	9,03	9,03
2	13,38	13,60	17,46	15,41	17,35	16,71	17,33	17,57	16,38	15,19	14,19	13,22
3	14,40	13,83	17,10	19,68	19,02	19,98	18,98	18,14	17,53	16,53	15,80	15,19
28I01												
N	2,62	2,41	2,71	2,83	3,10	2,21	1,43	1,39	1,00	1,34	1,00	2,58
1	10,20	13,38	12,72	11,61	11,71	13,03	12,47	12,96	12,44	11,44	10,84	11,35
2	16,12	14,97	15,23	18,38	18,16	20,26	18,98	17,31	16,66	15,66	14,66	13,66
3	16,35	16,92	18,21	21,64	21,89	21,10	20,65	20,83	19,83	18,83	17,83	17,35
29G01												
N	2,47	2,67	2,07	2,03	2,50	2,22	1,80	1,38	1,36	1,00	1,32	2,58
1	13,01	13,27	11,35	11,73	11,65	13,49	14,69	14,38	13,38	12,38	11,38	10,61
2	16,07	4,78	18,56	18,62	20,95	19,62	19,50	18,35	17,35	16,35	15,35	15,59
3	13,21	19,10	19,79	21,26	20,26	20,61	19,72	18,72	17,72	16,78	15,78	14,78
29G02												
N	2,94	3,39	3,10	2,24	2,27	1,89	2,17	1,00	1,00	1,00	1,00	2,31
1	11,44	11,63	11,28	13,43	13,60	13,97	14,62	13,31	12,02	11,02	10,02	10,38
2	13,08	14,31	17,65	18,27	19,00	17,95	19,19	20,11	18,90	17,90	16,90	16,94
3	18,39	21,05	20,84	21,42	20,42	22,22	21,90	21,16	20,16	19,16	18,16	17,27
30E01												
N	2,90	3,35	1,99	2,22	2,15	2,36	1,67	1,00	1,00	1,00	1,22	3,32
1	8,80	9,59	9,43	9,88	9,73	9,52	10,88	11,46	10,98	9,98	9,46	8,46
2	14,04	14,76	15,72	15,82	16,55	16,93	19,51	19,33	18,33	17,33	16,62	15,91
3	15,78	16,53	18,47	20,01	19,82	20,72	19,79	18,51	17,18	16,18	15,18	15,33
30F01 (a)												
N	2,74	2,30	2,55	2,10	2,08	2,06	2,21	1,30	1,00	1,00	1,84	1,60
1	8,82	9,22	8,56	9,06	9,67	9,71	9,85	10,91	10,91	9,91	9,44	7,94
2	11,49	11,76	13,71	13,41	15,59	15,25	15,47	14,17	13,73	12,73	12,31	12,43
3	13,80	13,96	14,43	17,84	17,67	18,81	17,81	18,13	17,13	16,13	15,13	14,80
30H03												
N	3,11	3,51	3,08	2,29	2,23	1,40	1,38	1,00	1,32	1,00	1,00	2,14
1	9,97	12,65	15,06	12,86	14,23	13,51	13,20	12,48	12,00	11,00	10,00	9,24
2	14,43	15,90	18,47	18,26	20,14	19,14	18,43	18,67	17,67	17,61	16,61	15,61
3	16,40	14,89	18,63	20,50	19,50	19,73	21,49	21,40	20,40	19,40	18,40	17,40

N-Não-seca 1-Seca Ligeira 2-Seca Moderada 3-Seca Severa e Extrema

(a) Postos em que o modelo de Markov de ordem 1 foi rejeitado

Quadro C.10 Predição e probabilidade associada à classe de seca mais provável um, dois e três meses após a ocorrência de uma dada classe de seca, em 49 postos e na região (continua)

meses após a ocorrência de uma dada classe de seca, em 45 postos e na região (continua)														
Classe inicial	Posto	1 mês		2 meses		3 meses		Posto	1 mês		2 meses		3 meses	
		Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	16L03	N	0,9177	N	0,8520	N	0,7987	17J01	N	0,9000	N	0,8243	N	0,7658
1		1	0,7722	1	0,6315	1	0,5412		1	0,7574	1	0,6151	1	0,5268
2		2	0,6392	2	0,4492	1	0,4282		2	0,5493	1	0,4316	1	0,4552
3		3	0,7660	3	0,6030	3	0,4857		3	0,7869	3	0,6389	3	0,5306
N	17L02	N	0,8911	N	0,8109	N	0,7503	17M01	N	0,9387	N	0,8867	N	0,8420
1	(a)	1	0,7248	1	0,5672	1	0,4743		1	0,7673	1	0,6338	1	0,5499
2		2	0,5570	1	0,3660	1	0,3985		2	0,5714	2	0,3929	1	0,4144
3		3	0,6825	3	0,5001	3	0,3876		3	0,7174	3	0,5416	3	0,4244
N	18G01	N	0,9062	N	0,8350	N	0,7796	18M01	N	0,8918	N	0,8094	N	0,7458
1	(a)	1	0,7439	1	0,5939	1	0,5006		1	0,7747	1	0,6365	1	0,5479
2		2	0,5432	1	0,3617	1	0,3851		2	0,5200	1	0,3956	1	0,4289
3		3	0,7377	3	0,5779	3	0,4709		3	0,6458	3	0,4652	3	0,3589
N	19G02	N	0,8873	N	0,8084	N	0,7514	19J03	N	0,9286	N	0,8700	N	0,8213
1		1	0,7143	1	0,5537	1	0,4589		1	0,8000	1	0,6644	1	0,5700
2		2	0,5385	1	0,3564	1	0,3658		2	0,6701	2	0,4922	2	0,3925
3		3	0,8267	3	0,7044	3	0,6120		3	0,7451	3	0,5820	3	0,4722
N	19L01	N	0,9063	N	0,8332	N	0,7749	19L02	N	0,9167	N	0,8515	N	0,7991
1	(a)	1	0,7385	1	0,5907	1	0,5023		1	0,7480	1	0,5985	1	0,5050
2		2	0,5657	2	0,3789	1	0,3955		2	0,5244	1	0,3627	1	0,3934
3		3	0,7000	3	0,5159	3	0,3964		3	0,6765	3	0,5050	3	0,4020
N	19M01	N	0,9070	N	0,8349	N	0,7779	19N01	N	0,9115	N	0,8436	N	0,7904
1		1	0,7770	1	0,6375	1	0,5466		1	0,7627	1	0,6083	1	0,5069
2		2	0,5600	1	0,3706	1	0,4068		2	0,7011	2	0,5205	2	0,4087
3		3	0,7419	3	0,5798	3	0,4700		3	0,7778	3	0,6227	3	0,5117
N	20I01	N	0,9043	N	0,8290	N	0,7690	20L01	N	0,9404	N	0,8897	N	0,8460
1		1	0,8007	1	0,6736	1	0,5878		1	0,8069	1	0,6822	1	0,5967
2		2	0,5270	1	0,3699	1	0,4056		2	0,5795	2	0,3912	1	0,4309
3		3	0,7241	3	0,5670	3	0,4648		3	0,7407	3	0,5792	3	0,4706
N	20O01	N	0,9149	N	0,8457	N	0,7886	21F01	N	0,9089	N	0,8382	N	0,7824
1		1	0,8033	1	0,6783	1	0,5952		1	0,7470	1	0,5950	1	0,5001
2		2	0,5870	2	0,4226	1	0,4617		2	0,5682	2	0,3767	1	0,3720
3		3	0,5161	2	0,5008	2	0,4531		3	0,7213	3	0,5510	3	0,4397
N	21G02	N	0,8966	N	0,8196	N	0,7608	21J02	N	0,9058	N	0,8331	N	0,7760
1		1	0,7305	1	0,5796	1	0,4898		1	0,7741	1	0,6371	1	0,5488
2		2	0,5647	1	0,4030	1	0,4220		2	0,5588	1	0,4175	1	0,4444
3		3	0,7719	3	0,6190	3	0,5099		3	0,8269	3	0,6998	3	0,6014
N	21K01	N	0,9005	N	0,8243	N	0,7650	21M01	N	0,9260	N	0,8647	N	0,8134
1		1	0,7889	1	0,6534	1	0,5639		1	0,8179	1	0,6958	1	0,6101
2		2	0,6212	2	0,4156	1	0,4511		2	0,5875	2	0,3966	1	0,4028
3		3	0,8246	3	0,6933	3	0,5920		3	0,7500	3	0,5944	3	0,4891
N	21M02	N	0,9102	N	0,8400	N	0,7845	22E01	N	0,9178	N	0,8529	N	0,8009
1		1	0,7791	1	0,6412	1	0,5499		1	0,7695	1	0,6252	1	0,5302
2		2	0,5294	1	0,3570	1	0,3823		2	0,5238	1	0,4046	1	0,4298
3		3	0,8182	3	0,6937	3	0,6011		3	0,7917	3	0,6499	3	0,5470
N	22H01	N	0,9058	N	0,8346	N	0,7796	22J01	N	0,9152	N	0,8485	N	0,7951
1	(a)	1	0,7490	1	0,5986	1	0,5029	(a)	1	0,7695	1	0,6240	1	0,5283
2		2	0,5000	1	0,3482	1	0,3646		2	0,5444	2	0,3868	1	0,3660
3		3	0,7391	3	0,5938	3	0,4995		3	0,6140	3	0,4482	2	0,3747

Quadro C.10 Predição e probabilidade associada à classe de seca mais provável um, dois e três meses após a ocorrência de uma dada classe de seca, em 49 postos e na região (continuação)

Classe inicial	Posto	1 mês		2 meses		3 meses		Posto	1 mês		2 meses		3 meses	
		Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	23E01	N	0,8958	N	0,8168	N	0,7561	23G01	N	0,8747	N	0,7870	N	0,7243
1		1	0,7845	1	0,6463	1	0,5548		1	0,7571	1	0,6077	1	0,5138
2		2	0,5556	2	0,3506	1	0,3668		2	0,5323	2	0,3444	3	0,3299
3		3	0,7818	3	0,6378	3	0,5353		3	0,7302	3	0,5829	3	0,4899
N	24F01	N	0,9037	N	0,8297	N	0,7720	24H01	N	0,9012	N	0,8263	N	0,7681
1		1	0,7558	1	0,6102	1	0,5185		1	0,7259	1	0,5822	1	0,4971
2		2	0,5455	1	0,3519	1	0,3778		2	0,4568	1	0,3990	1	0,4090
3		3	0,7969	3	0,6558	3	0,5520		3	0,7288	3	0,5660	3	0,4562
N	24I01	N	0,9077	N	0,8357	N	0,7783	24J03	N	0,9095	N	0,8409	N	0,7877
1		1	0,7424	1	0,6045	1	0,5196		1	0,7521	1	0,5990	1	0,5014
2		2	0,4471	1	0,4284	1	0,4349		2	0,6163	2	0,4290	1	0,3335
3		3	0,6852	3	0,5188	3	0,4129		3	0,7500	3	0,5926	3	0,4868
N	24N01	N	0,9039	N	0,8292	N	0,7700	25J02	N	0,9000	N	0,8224	N	0,7614
1		1	0,7734	1	0,6320	1	0,5413		1	0,7862	1	0,6556	1	0,5702
2		2	0,6364	2	0,4430	1	0,4058		2	0,5342	1	0,4190	1	0,4446
3		3	0,7547	3	0,5881	3	0,4709		3	0,7647	3	0,6144	3	0,5088
N	25P01	N	0,8875	N	0,8047	N	0,7424	26F01	N	0,9057	N	0,8362	N	0,7836
1		1	0,7500	1	0,5989	1	0,5055	(a)	1	0,7401	1	0,5790	1	0,4765
2		2	0,5432	2	0,3719	1	0,3513		2	0,5455	2	0,3529	3	0,3449
3		3	0,6071	3	0,4309	3	0,3369		3	0,7500	3	0,6039	3	0,5084
N	26G01	N	0,9074	N	0,8371	N	0,7826	26J01	N	0,8971	N	0,8201	N	0,7615
1		1	0,7572	1	0,6047	1	0,5060		1	0,7625	1	0,6126	1	0,5161
2		2	0,5658	2	0,3794	1	0,3297		2	0,6216	2	0,4211	1	0,3183
3		3	0,7188	3	0,5589	3	0,4577		3	0,7869	3	0,6393	3	0,5327
N	26L01	N	0,9133	N	0,8449	N	0,7901	27E01	N	0,9093	N	0,8401	N	0,7859
1		1	0,7773	1	0,6364	1	0,5435	(a)	1	0,7261	1	0,5761	1	0,4851
2		2	0,5696	2	0,3817	1	0,3704		2	0,4699	1	0,3891	1	0,3990
3		3	0,7037	3	0,5324	3	0,4236		3	0,7049	3	0,5445	3	0,4419
N	27G01	N	0,9012	N	0,8272	N	0,7705	27H01	N	0,8995	N	0,8222	N	0,7619
1		1	0,7490	1	0,6033	1	0,5101		1	0,7826	1	0,6447	1	0,5534
2		2	0,4194	1	0,3848	1	0,3839		2	0,5571	1	0,3557	1	0,3880
3		3	0,7632	3	0,6305	3	0,5394		3	0,8000	3	0,6649	3	0,5668
N	27I01	N	0,8873	N	0,8051	N	0,7439	27K01	N	0,9145	N	0,8457	N	0,7895
1		1	0,7626	1	0,6283	1	0,5408	(a)	1	0,7945	1	0,6680	1	0,5850
2		1	0,4186	1	0,4552	1	0,4315		2	0,5441	1	0,4261	1	0,4633
3		3	0,8267	3	0,7212	3	0,6401		3	0,7931	3	0,6459	3	0,5364
N	28H01	N	0,9102	N	0,8400	N	0,7841	28I01	N	0,9130	N	0,8433	N	0,7868
1		1	0,7782	1	0,6383	1	0,5458		1	0,8041	1	0,6840	1	0,6021
2		2	0,5342	1	0,3518	1	0,3802		2	0,4035	1	0,4601	1	0,4756
3		3	0,7344	3	0,5790	3	0,4772		3	0,7667	3	0,6262	3	0,5269
N	29G01	N	0,9249	N	0,8635	N	0,8130	29G02	N	0,9169	N	0,8507	N	0,7971
1		1	0,8376	1	0,7175	1	0,6272		1	0,7652	1	0,6279	1	0,5407
2		2	0,5577	2	0,3552	3	0,3598		2	0,5301	1	0,3990	1	0,4236
3		3	0,7941	3	0,6678	3	0,5816		3	0,7500	3	0,5942	3	0,4876
N	30E01	N	0,9005	N	0,8248	N	0,7664	30F01	N	0,9065	N	0,8369	N	0,7833
1		1	0,7904	1	0,6518	1	0,5575	(a)	1	0,7119	1	0,5614	1	0,4725
2		2	0,5333	2	0,3430	1	0,3470		2	0,4658	1	0,4274	1	0,4222
3		3	0,7333	3	0,5839	3	0,4881		3	0,7761	3	0,6346	3	0,5341

Quadro C.10 Predição e probabilidade associada à classe de seca mais provável um, dois e três meses após a ocorrência de uma dada classe de seca, em 49 postos e na região (continuação)

Classe inicial	Posto	1 mês			2 meses			3 meses			1 mês			2 meses			3 meses		
		Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	30H03	N	0,9242	N	0,8627	N	0,8120	Região	N	0,9112	N	0,8404	N	0,7834					
1		1	0,7860	1	0,6478	1	0,5551		1	0,7940	1	0,6604	1	0,5686					
2		2	0,5930	2	0,4101	1	0,3713		2	0,4571	1	0,3521	1	0,3746					
3		3	0,6923	3	0,5175	3	0,4091		3	0,7222	3	0,5762	3	0,4824					

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continua)

Posto: Portalegre (18M01)

OUT								NOV			
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses	
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe
N	N	0,8276	N	0,7481	N	0,6721	N	0,8276	N	0,7241	N
1	1	0,7143	N	0,4240	N	0,4494	1	0,4667	N	0,4222	N
2	1	0,5714	1	0,3714	1	0,3465	2	0,4000	1	0,3863	1
3	3	0,3333	1	0,3333	1	0,3683	3	0,3333	1	0,4071	1
DEZ								JAN			
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses	
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe
N	N	0,8333	N	0,7368	N	0,6558	N	0,8286	N	0,7192	N
1	1	0,4000	1	0,4146	1	0,4649	1	0,6111	1	0,5505	1
2	1	0,5714	1	0,4531	1	0,4587	2	0,4545	1	0,5043	1
3	3	0,5000	3	0,5455	3	0,5117	3	1,0000	3	0,8000	2
FEV								MAR			
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses	
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe
N	N	0,8286	N	0,7350	N	0,7296	N	0,8788	N	0,8585	N
1	1	0,7619	1	0,7240	1	0,6415	1	0,9200	1	0,7984	1
2	3	0,5000	1	0,4600	1	0,4825	2	1,0000	2	0,5000	2
3	3	0,8000	2	0,6000	3	0,5000	3	0,5000	3	0,5833	2
ABR								MAI			
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses	
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe
N	N	0,9667	N	0,9679	N	0,9692	N	1,0000	N	1,0000	N
1	1	0,8519	1	0,8011	1	0,7370	1	0,9231	1	0,8492	1
2	2	0,5000	2	0,4795	2	0,4958	2	0,8000	2	0,8080	2
3	3	1,0000	3	0,6000	3	0,6000	3	0,6000	3	0,6000	3
JUN								JUL			
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses	
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe
N	N	1,0000	N	1,0000	N	0,9091	N	1,0000	N	0,9091	N
1	1	0,9200	1	0,9200	1	0,8522	1	1,0000	1	0,9130	1
2	2	1,0000	2	0,7500	2	0,5536	2	0,7500	2	0,5536	2
3	3	1,0000	3	0,6667	2	0,5238	3	0,6667	2	0,5238	3
AGO								SET			
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses	
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe
N	N	0,9091	N	0,7487	N	0,6576	N	0,8125	N	0,7003	N
1	1	0,9130	1	0,7237	1	0,6061	1	0,7778	1	0,6382	N
2	2	0,5714	1	0,3841	1	0,5638	2	0,6000	1	0,5524	1
3	3	0,5000	3	0,4333	1	0,5063	3	0,6667	1	0,4603	1

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Pavia (20I01)												
OUT						NOV						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8529	N	0,7313	N	0,6329	N	0,8182	N	0,6954	N	0,6814
1	1	0,6500	1	0,4405	1	0,4291	1	0,5909	1	0,5014	1	0,3884
2	2	0,4444	2	0,4427	1	0,3956	2	0,7143	2	0,3961	2	0,2890
3	3	0,7500	2	0,4786	1	0,3805	2	0,4000	1	0,4121	1	0,3368
DEZ						JAN						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8182	N	0,7621	N	0,6910	N	0,8667	N	0,7743	N	0,6914
1	1	0,6667	1	0,4738	1	0,4975	1	0,6250	1	0,5830	1	0,5918
2	2	0,4545	1	0,3182	1	0,4295	2	0,5000	1	0,4119	1	0,5080
3	3	0,5000	3	0,4833	3	0,5354	3	0,6667	3	0,7083	3	0,5222
FEV						MAR						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8788	N	0,7751	N	0,7177	N	0,8710	N	0,7942	N	0,7803
1	1	0,8095	1	0,7628	1	0,7071	1	0,8800	1	0,7936	1	0,7198
2	1	0,5000	1	0,6108	1	0,6079	3	0,4000	1	0,4782	1	0,4318
3	3	1,0000	3	0,6667	3	0,6667	3	0,6667	3	0,6667	3	0,5862
ABR						MAI						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8966	N	0,8725	N	0,8725	N	0,9655	N	0,9655	N	0,9655
1	1	0,8621	1	0,7794	1	0,7516	1	0,9000	1	0,8679	1	0,8679
2	1	0,6667	1	0,6000	1	0,5786	3	0,5000	2	0,5833	3	0,5333
3	3	1,0000	3	0,8333	3	0,6944	3	0,8333	3	0,6944	3	0,7556
JUN						JUL						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	1,0000	N	1,0000	N	1,0000	N	1,0000	N	1,0000	N	0,9118
1	1	0,9643	1	0,9643	1	0,7571	1	1,0000	1	0,7778	1	0,5893
2	2	1,0000	2	0,8000	2	0,5333	2	0,8000	2	0,5333	2	0,4749
3	3	0,8333	3	0,8667	2	0,6444	3	1,0000	2	0,6667	2	0,5595
AGO						SET						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	1,0000	N	0,9118	N	0,7953	N	0,9118	N	0,7953	N	0,6955
1	1	0,7778	1	0,5893	1	0,4892	1	0,7273	1	0,5534	1	0,3952
2	2	0,5000	2	0,4537	1	0,3713	2	0,7143	1	0,4103	2	0,4145
3	2	0,6667	2	0,5595	2	0,3445	3	0,7500	3	0,5903	2	0,4696

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Elvas (20001)												
OUT						NOV						
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8065	N	0,7376	N	0,7309	N	0,8667	N	0,8308	N	0,7499
1	1	0,7391	1	0,5165	1	0,4292	1	0,6400	1	0,5167	1	0,4689
2	2	0,5556	1	0,5311	1	0,4507	1	0,5000	1	0,4686	1	0,4630
3	2	1,0000	1	0,5000	1	0,4686	3	0,5000	1	0,3400	1	0,3624
DEZ						JAN						
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,9355	N	0,8342	N	0,7351	N	0,8824	N	0,7691	N	0,7056
1	1	0,6800	1	0,5581	1	0,5594	1	0,7273	1	0,6669	1	0,6410
2	2	0,5714	1	0,5022	1	0,5702	2	0,4444	1	0,4976	1	0,5722
3	3	0,5000	3	0,6111	3	0,3667	3	1,0000	3	0,6000	2	0,4400
FEV						MAR						
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8485	N	0,7746	N	0,7635	N	0,9062	N	0,8825	N	0,8582
1	1	0,8261	1	0,7506	1	0,6336	1	0,8889	1	0,7443	1	0,7369
2	2	0,5000	1	0,6444	1	0,5977	2	0,6000	1	0,4510	1	0,4919
3	3	0,6000	2	0,4400	2	0,4139	3	0,6667	3	0,5111	2	0,7026
ABR						MAI						
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,9667	N	0,9368	N	0,9368	N	0,9677	N	0,9677	N	0,9689
1	1	0,8276	1	0,8128	1	0,7827	1	0,9615	1	0,9259	1	0,8230
2	2	0,6000	2	0,6476	2	0,6579	2	0,8571	2	0,8624	2	0,6814
3	3	0,6667	2	0,7302	2	0,7319	2	0,6667	2	0,6667	2	0,5185
JUN						JUL						
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	1,0000	N	1,0000	N	0,9375	N	1,0000	N	0,9375	N	0,8237
1	1	0,9630	1	0,8560	1	0,7970	1	0,8846	1	0,8106	1	0,5353
2	2	1,0000	2	0,7778	2	0,5015	2	0,7778	2	0,5015	1	0,3943
3	3	1,0000	3	1,0000	3	0,5000	3	1,0000	3	0,5000	2	0,6875
AGO						SET						
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,9375	N	0,8237	N	0,6997	N	0,8667	N	0,7279	N	0,6841
1	1	0,8750	1	0,5625	1	0,4911	1	0,6071	1	0,5230	1	0,4628
2	2	0,5556	1	0,4087	2	0,4018	3	0,3750	2	0,5942	1	0,5158
3	3	0,5000	2	0,6875	2	0,5749	2	1,0000	2	0,5556	1	0,5311

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Évora (22J01)												
</												

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Beja (25J02)												
OUT						NOV						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8824	N	0,7479	N	0,6245	N	0,8286	N	0,6825	N	0,6818
1	1	0,6818	1	0,4675	1	0,4748	1	0,5714	1	0,5426	1	0,4697
2	1	0,5000	1	0,4286	1	0,4700	1	0,4286	1	0,4204	3	0,4053
3	3	0,6000	2	0,5643	1	0,3790	2	0,7500	2	0,4500	1	0,3767
DEZ						JAN						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,7941	N	0,7622	N	0,7543	N	0,9000	N	0,8621	N	0,7507
1	1	0,7143	1	0,5680	1	0,4755	1	0,7308	1	0,5621	1	0,5214
2	2	0,6000	1	0,4256	1	0,4582	3	0,4444	1	0,3889	1	0,4658
3	3	1,0000	3	1,0000	3	0,8571	3	1,0000	3	0,8571	3	0,7500
FEV						MAR						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,9394	N	0,8107	N	0,7383	N	0,8571	N	0,7729	N	0,7487
1	1	0,7500	1	0,6450	1	0,5523	1	0,7727	1	0,6359	1	0,6652
2	1	0,6667	1	0,6818	1	0,5856	1	0,5000	1	0,4850	1	0,5258
3	3	0,8571	3	0,7500	3	0,5000	3	0,8333	3	0,5556	3	0,4167
ABR						MAI						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,8750	N	0,8477	N	0,8203	N	0,9688	N	0,9375	N	0,9421
1	1	0,7200	1	0,7421	1	0,7471	1	1,0000	1	1,0000	1	0,9259
2	2	0,5000	1	0,5714	1	0,5714	2	0,8571	2	0,8571	2	0,6122
3	3	0,6667	3	0,5000	3	0,5000	3	0,7500	3	0,7500	3	0,7857
JUN						JUL						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,9677	N	0,9701	N	0,9118	N	1,0000	N	0,9375	N	0,8347
1	1	1,0000	1	0,9259	1	0,7881	1	0,9259	1	0,7881	1	0,5641
2	2	1,0000	2	0,7143	2	0,4396	2	0,7143	2	0,4396	1	0,3933
3	3	1,0000	3	1,0000	3	1,0000	3	1,0000	3	1,0000	3	0,8000
AGO						SET						
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.		
N	N	0,9375	N	0,8347	N	0,7658	N	0,8750	N	0,7934	N	0,6885
1	1	0,8462	1	0,5989	1	0,4912	1	0,6538	1	0,5239	1	0,4046
2	2	0,6000	1	0,4308	1	0,4043	1	0,5000	1	0,4659	1	0,3838
3	3	1,0000	3	0,8000	3	0,5133	3	0,8000	3	0,5133	2	0,5193

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Barrancos (25P01)												
	OUT						NOV					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	
N	N	0,8611	N	0,7087	N	0,5994	N	0,8000	N	0,6564	N	0,6437
1	1	0,6500	1	0,5483	1	0,4085	1	0,6667	1	0,4392	1	0,4138
2	3	0,4286	1	0,6143	1	0,4008	2	0,5000	1	0,4213	1	0,4302
3	3	0,5000	1	0,5500	1	0,3884	1	0,6000	1	0,3556	1	0,3720
	DEZ						JAN					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	
N	N	0,7742	N	0,7274	N	0,6921	N	0,8667	N	0,8021	N	0,7176
1	1	0,5926	1	0,5000	1	0,4410	1	0,7083	1	0,5714	1	0,4796
2	2	0,5000	1	0,3604	1	0,3607	3	0,4000	2	0,4050	2	0,4194
3	2	0,6000	3	0,5067	2	0,4563	3	0,6667	2	0,5333	2	0,5232
	FEV						MAR					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	
N	N	0,9062	N	0,8011	N	0,8141	N	0,8750	N	0,8730	N	0,7763
1	1	0,7500	1	0,5908	1	0,4971	1	0,7391	1	0,5972	1	0,5975
2	2	0,6000	2	0,4446	1	0,3817	2	0,6250	3	0,3939	2	0,4066
3	3	0,5000	2	0,5625	3	0,3712	2	0,5000	3	0,3485	2	0,3308
	ABR						MAI					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	
N	N	0,9667	N	0,8545	N	0,8391	N	0,8824	N	0,8637	N	0,8864
1	1	0,7826	1	0,7709	1	0,7141	1	0,9524	1	0,8746	1	0,6924
2	2	0,5455	2	0,6061	2	0,4329	2	1,0000	2	0,7143	2	0,7202
3	3	0,6667	3	0,5556	3	0,5714	3	0,8333	3	0,8571	3	0,8571
	JUN						JUL					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	
N	N	0,9677	N	0,9731	N	0,8393	N	1,0000	N	0,8611	N	0,8124
1	1	0,9167	1	0,7257	1	0,7267	1	0,7917	1	0,7801	1	0,4767
2	2	0,7143	2	0,7202	2	0,5278	2	1,0000	2	0,6667	1	0,3184
3	3	1,0000	3	1,0000	3	0,5000	3	1,0000	3	0,5000	2	0,4145
	AGO						SET					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses			
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	
N	N	0,8611	N	0,8124	N	0,7318	N	0,9062	N	0,7991	N	0,6660
1	1	0,9474	1	0,5515	1	0,4579	1	0,5769	1	0,4730	1	0,4931
2	2	0,6667	1	0,3184	1	0,3339	3	0,3333	1	0,3112	1	0,5126
3	3	0,5000	2	0,4145	1	0,3254	2	0,6667	3	0,4524	1	0,5929

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Alvalade (26G01)											
OUT						NOV					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,8889	N	0,6689	N	0,6672	N	0,7368	N	0,7271	N 0,7527
1	1	0,6111	1	0,4384	N	0,4575	1	0,5625	1	0,3896	N 0,4631
2	2	0,3750	1	0,4078	1	0,3259	2	0,5000	3	0,4375	2 0,4024
3	3	0,6000	1	0,4100	1	0,3283	1	0,6000	1	0,4095	N 0,4364
DEZ						JAN					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,9091	N	0,8647	N	0,7622	N	0,9143	N	0,8028	N 0,7840
1	1	0,6522	N	0,4390	N	0,4094	1	0,5263	1	0,4566	N 0,4526
2	3	0,6250	2	0,4762	3	0,5225	2	0,7143	2	0,4540	1 0,4075
3	3	0,3333	2	0,3843	3	0,3076	3	0,6667	3	0,7407	3 0,6867
FEV						MAR					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,8718	N	0,8327	N	0,7515	N	0,9143	N	0,8200	N 0,7958
1	1	0,7333	1	0,5853	1	0,6331	1	0,7222	1	0,7142	1 0,6334
2	2	0,5556	3	0,3935	1	0,4643	3	0,3750	1	0,4868	1 0,4264
3	3	1,0000	3	0,8333	3	0,5208	3	0,8333	3	0,5208	3 0,4948
ABR						MAI					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,8919	N	0,8657	N	0,8712	N	0,9706	N	0,9719	N 0,9719
1	1	0,9474	1	0,8305	1	0,8097	1	0,8750	1	0,8531	1 0,8709
2	1	0,6667	1	0,5833	1	0,6044	2	0,7500	2	0,5357	2 0,4286
3	3	0,6250	3	0,5938	3	0,6518	3	0,8000	3	0,8286	3 0,8286
JUN						JUL					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	1,0000	N	1,0000	N	0,9412	N	1,0000	N	0,9412	N 0,8443
1	1	0,9545	1	0,9545	1	0,8742	1	1,0000	1	0,9130	1 0,4792
2	2	0,7143	2	0,5714	2	0,6077	2	0,8000	2	0,8087	2 0,5157
3	3	1,0000	3	1,0000	3	0,8333	3	1,0000	3	0,8333	3 0,6667
AGO						SET					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,9412	N	0,8443	N	0,7983	N	0,8788	N	0,8215	N 0,6361
1	1	0,9130	1	0,4792	N	0,4304	1	0,5000	N	0,4259	N 0,4232
2	2	1,0000	2	0,6000	1	0,4694	2	0,6000	1	0,4694	1 0,4201
3	3	0,8333	3	0,6667	3	0,4667	3	0,8000	3	0,5300	1 0,4096

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Posto: Almodovar (28I01)												
	OUT						NOV					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses		
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	N	0,8788	N	0,7922	N	0,7006	N	0,8889	N	0,7740	N	0,6850
1	1	0,6364	1	0,4630	1	0,4580	1	0,6364	1	0,5740	1	0,4930
2	3	0,4000	1	0,4345	1	0,5677	2	0,5000	1	0,6429	1	0,5330
3	3	0,4286	1	0,4104	1	0,5722	3	0,4000	1	0,5238	1	0,4560
	DEZ						JAN					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses		
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	N	0,8529	N	0,7432	N	0,6712	N	0,8438	N	0,7389	N	0,6863
1	1	0,6190	1	0,5225	1	0,5061	1	0,7200	1	0,6244	1	0,5588
2	1	0,6667	1	0,5435	1	0,5212	2	0,4286	1	0,4008	2	0,3742
3	3	0,3333	1	0,3352	1	0,3894	3	0,6667	3	0,5000	2	0,4749
	FEV						MAR					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses		
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	N	0,8387	N	0,7695	N	0,7691	N	0,9032	N	0,8843	N	0,8611
1	1	0,7600	1	0,6668	1	0,6201	1	0,8519	1	0,7745	1	0,7562
2	2	0,5714	2	0,5079	1	0,4510	2	0,8333	3	0,5278	3	0,6157
3	3	0,7500	3	0,5417	3	0,5903	3	0,6667	3	0,6111	3	0,7130
	ABR						MAI					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses		
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	N	0,9667	N	0,9377	N	0,9377	N	0,9688	N	0,9688	N	0,9396
1	1	0,8846	1	0,8542	1	0,8542	1	0,9615	1	0,9615	1	0,9271
2	3	0,5000	3	0,5833	3	0,5833	3	0,3333	3	0,3333	3	0,3333
3	3	0,6667	3	0,7778	3	0,7778	3	1,0000	3	1,0000	3	1,0000
	JUN						JUL					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses		
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	N	1,0000	N	0,9688	N	0,9734	N	0,9688	N	0,9734	N	0,8405
1	1	1,0000	1	0,9630	1	0,7490	1	0,9630	1	0,7490	1	0,5977
2	2	1,0000	2	1,0000	2	1,0000	2	1,0000	2	1,0000	1	0,6000
3	3	1,0000	3	1,0000	3	0,8571	3	1,0000	3	0,8571	3	0,9143
	AGO						SET					
Classe	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês		2 meses		3 meses		
inicial	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.
N	N	1,0000	N	0,8611	N	0,7921	N	0,8611	N	0,7921	N	0,7210
1	1	0,7778	1	0,6165	1	0,4861	1	0,7143	1	0,5423	1	0,4302
2	2	1,0000	1	0,6000	1	0,4961	1	0,6000	1	0,4961	1	0,4420
3	3	0,8571	3	0,9143	3	0,3918	3	1,0000	3	0,4286	1	0,4104

Quadro C.11 Predição da classe de seca um, dois e três meses após a ocorrência, num dado mês, de uma dada classe de seca, e respectiva probabilidade, em 8 postos e na região (continuação)

Região											
OUT						NOV					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,8824	N	0,7123	N	0,6641	N	0,7895	N	0,7176	N 0,6654
1	1	0,4000	N	0,4091	N	0,4308	1	0,6667	1	0,4789	1 0,4587
2	2	0,5000	2	0,4042	1	0,3711	2	0,4000	1	0,3217	1 0,3291
3	3	0,4000	2	0,4733	1	0,3692	2	0,7500	1	0,3619	1 0,3644
DEZ						JAN					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,8571	N	0,7734	N	0,7305	N	0,8824	N	0,8182	N 0,7598
1	1	0,6111	1	0,5627	1	0,4358	1	0,8000	1	0,5758	1 0,5651
2	1	0,4444	1	0,4190	1	0,3759	3	0,4286	3	0,3701	3 0,3837
3	3	0,6000	3	0,3857	2	0,3387	3	0,5000	2	0,4167	3 0,4514
FEV						MAR					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,9091	N	0,8355	N	0,7972	N	0,9091	N	0,8602	N 0,8389
1	1	0,6818	1	0,6431	1	0,6363	1	0,8500	1	0,8023	1 0,7755
2	2	0,6667	1	0,5333	1	0,5957	2	0,3750	1	0,4924	1 0,4737
3	3	0,8333	3	0,7361	3	0,7115	3	0,8333	3	0,7810	3 0,5857
ABR						MAI					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,9375	N	0,9107	N	0,9107	N	0,9688	N	0,9688	N 0,9082
1	1	0,9130	1	0,8792	1	0,8792	1	0,9600	1	0,9600	1 0,9241
2	3	0,4000	1	0,3840	1	0,3840	2	1,0000	2	0,7500	2 0,7500
3	3	0,8571	3	0,6429	3	0,7321	3	0,7500	3	0,8125	3 0,8125
JUN						JUL					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	1,0000	N	0,9375	N	0,9062	N	0,9375	N	0,9062	N 0,8666
1	1	1,0000	1	0,9600	1	0,9331	1	0,9600	1	0,9331	1 0,5616
2	2	0,7500	2	0,7500	2	0,4107	2	1,0000	2	0,5000	1 0,3929
3	3	1,0000	3	1,0000	3	0,7143	3	1,0000	3	0,7143	3 0,5765
AGO						SET					
Classe inicial	1 mês	2 meses		3 meses		1 mês	2 meses		3 meses		
	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	Classe	Prob.	
N	N	0,9667	N	0,9083	N	0,8358	N	0,9310	N	0,8491	N 0,6914
1	1	0,9615	1	0,5687	N	0,4396	1	0,5714	N	0,4492	N 0,4472
2	2	0,5000	1	0,3929	2	0,3300	2	0,5000	2	0,3500	N 0,3025
3	3	0,7143	3	0,5765	2	0,3786	3	0,8000	2	0,4200	2 0,4595

Quadro C.12 Ajustamento dos modelos log-lineares às matrizes de transição entre classes de seca em Portalegre, Elvas, Évora, Beja, Barrancos, Alvalade e Almodovar

		Posto						
		Portalegre	Elvas	Évora	Beja	Barrancos	Alvalade	Almodovar
Modelo	gl	Desvio Residual						
Associação linear	8	59,9	69,6	62,8	42,9	72,3	61,9	56,0
Efeito de linhas	6	22,0	28,3	11,5	21,8	17,1	23,6	6,7
Efeito de colunas	6	16,0	10,7	6,2	22,8	22,9	33,4	4,1
Quasi-associação	4	1,4	11,5	1,6	9,7	3,3	11,3	2,5
Quasi-independencia	5	84,0	93,3	121,0	85,7	111,6	104,6	84,1
Quasi-simetria	3	1,1	2,9	1,5	4,2	3,0	8,4	2,5
Diagonal	4	17,8	48,1	38,5	13,2	29,5	20,4	30,1
Diagonal s/efeito linha e coluna	9	507,0	529,5	468,4	492,4	481,4	491,3	538,0
Diagonal simetrica	6	18,2	38,9	38,9	15,6	30,2	23,0	30,4
Diagonal simetrica s/efeito linha e coluna	12	507,4	532,2	468,8	494,9	481,9	493,7	538,2
Dupla diagonal	5	16,4	32,9	37,8	10,3	30,2	22,5	20,6
Dupla diagonal s/efeito linha e coluna	10	486,7	525,6	429,7	471,6	449,4	427,1	507,6

Referências Bibliográficas

- Agresti, A. (1984). *Analysis of ordinal categorical data*. J. Wiley & Sons, New York.
- Agresti, A. (1990). *Categorical data analysis*. J. Wiley & Sons, New York.
- Agnew, C.T. (2000). Using the SPI to identify drought. *Drought Network News*, 12 (1), pp.6–12.
- Alba, I.; Rodrigues, P.N.; Pereira, L.S. (2003). Irrigation scheduling simulation for citrus in Sicily to cope with water scarcity. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 223–242.
- Allen R.G.; Pereira L.S.; Raes D.; Smith M. (1998) *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrig. Drain. Pap. 56, FAO, Rome.
- Alley, W.M. (1984). The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, pp.1100–1109.
- Almeida, M.J. (1981). Períodos de seca em Portugal Continental. *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, Lisboa, pp. 27–56.
- Al-Salihi, A. (2003). Drought identification and characterisation in Jordan. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 89–102.
- Álvarez, J.; Estrela, T. (2003). Regionalisation and identification of droughts in Mediterranean countries of Europe. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 123–146.
- Alves, I.L. (1995). *Modelação da evapotranspiração cultural. Resistências aerodinâmicas e do coberto*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Alves, M.H. (2003). Aproveitamentos hidráulicos, alterações dos regimes naturais e caudal ecológico. In: M.H. Alves e J.M. Bernardo (Eds.) *Caudais Ecológicos em Portugal*, Instituto da Água, Lisboa, pp. 2.1–2.16.
- Alves, M.H.; Bernardo, J.M. (2003). Determinação de caudais ecológicos. In: M.H. Alves e J.M. Bernardo (Eds.) *Caudais Ecológicos em Portugal*, Instituto da Água, Lisboa, pp. 3.1–3.273.
- American Meteorological Society (1997). Meteorological drought – Policy statement. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, pp. 847–849.
- Anderson, T.W.; Goodman, L.A. (1957). Statistical Inference about Markov Chains. *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 28, No. 1, pp. 89–110.
- Banik, P.; Mandal, A.; Rahman, M.S. (2002). Markov Chain Analysis of Weekly Rainfall Data in Determining Drought-proneness. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol. 7 pp. 231–239.
- Barceló, A.M. (1995). Five-Year Drought Continues in Spain, In: *Drought Network News*, Oct 1995, National Drought Mitigation Center.
- Bergaoui, M. (2003). Local and regional droughts in Siliana catchment, Tunisia. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 79–87.

- Bettencourt, M. (1975). *Frequência da ocorrência de anos secos e chuvosos em Portugal*. Relatório Interno, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.
- Bhalme, H.N.; Mooley, D.A. (1980). Large-Scale Droughts/Floods and Monsoon Circulation, *Monthly Weather Review*, Vol. 108, No. 8, pp. 1197–1211.
- Bickenbach, F.; Bode, E. (2003). Evaluating the Markov Property in Studies of Economic Convergence. *Int. Regional Science Review*, 26, 3, pp.363–392.
- Bishop, Y.M.M.; Fienberg, S.E.; Holland, P.W. (1975). *Discrete multivariate analysis: theory and practice*. Cambridge, M.A., MIT Press.
- Briffa, K.R.; Jones, P.D.; Hulme, M. (1994). Summer Moisture variability across Europe, 1982–1991; An analysis based on the Palmer Drought Severity Index. *Int. J. Climatol.* 14, pp. 475–506.
- Burgaz, F. (2000). Insurance Systems and Risk Management in Spain. In: *Income Risk Management in Agriculture*. OECD.
- Câmara C.; Mendes, M.A.; Trigo, R.M. (2004). Tipos de circulación atmosférica y su influencia en el régimen de precipitaciones en Portugal. In: *La Oscilación del Atlántico Norte y sus efectos sobre la Península Ibérica y Canarias*. Univ. de Vigo.
- Cancelliere, A.; Ancarani, A.; Rossi, G. (1995). Identification of drought periods on streamflow series at different time scales. In: Tsiourtis (Eds.) *Water Resources Management under Drought or Water Shortage Conditions*, Balkema, Rotterdam, pp. 49–57.
- Cancelliere, A.; Rossi, G. (2003). Droughts in Sicily and comparison of identified droughts in Mediterranean regions. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 103–122.
- Cancelliere, A.; Salas, J.D. (2004). Drought length properties for periodic–stochastic hydrologic data. *Water Resour. Res.* 40, W02503, 13 pp.
- Carvalho, T.M.M.; Coelho, C.O.A.; Ferreira, A.J.D.; LaQuina, A.; Naafa, R.; Hamza, A. (1999). MEDCHANGE – Os efeitos das mudanças no uso da terra e nas técnicas de manejo em sistemas agro-silvo-pastoris, sobre os processos de degradação do solo: O contexto sócio-económico e a percepção do risco. In: *VIII Colóquio Ibérico de Geografia*. Actas. Volume I, Lisboa, 1999. Departamento de Geografia e Planeamento Regional, FCSH, UNL, Lisboa.
- Çınlar, E. (1975). *Introduction to Stochastic Processes*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Clarke, R.T. (1973). *Mathematical models in hydrology*. FAO Irrig. Drain. Pap. 19, FAO, Rome.
- Clausen, B.; Pearson, C.P. (1995). Regional frequency analysis of annual maximum streamflow drought. *Journal of Hydrology*, 173, pp. 111–130.
- Conover, W.J. (1980). *Practical Non Parametric Statistics*. John Wiley & Sons.
- COPA COGECA (2003). Assessment of the impact of heat wave and drought of the summer 2003 on agriculture and forestry. In: www.copa-cogeca.be/pdf/pocc_03_78i4_1e.pdf.
- Cordery I.; McCall M. (2000). A model for forecasting drought from teleconnections. *Water Resour. Res.* 36, pp. 763–768.
- Correia, F.N. (1999). Water resources in the Mediterranean region. *Water International* 24(1), pp. 22–30.

- Correia, F.N. (1999). Water resources under the threat of desertification. In: P. Balabanis, D. Peter, A. Ghazi, M. Tsogas (Eds.) *Mediterranean Desertification. Research. Results and Policy Implications*. European Commission, DG Research, EUR 19303, Brussels, pp. 215–241.
- Correia, F.N. (2000). Algumas tendências actuais da gestão dos recursos hídricos. 1^o *Seminário do IHERA e da APRH “A Agricultura Portuguesa, a Água e o Ambiente”*, 1999, texto baseado na transcrição da comunicação oral.
- Correia, F.N. (2004). Desertificação em Portugal. Incidência no ordenamento do território e no desenvolvimento urbano (Volume 2). *Os Agentes Locais e os Processos de Desenvolvimento nas Zonas Sujeitas a Desertificação*. IST-UTL, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- Correia, F.N.; Santos, M.A.; Rodrigues, R. (1987). Engineering risk in regional drought studies. In: *Engineering Reliability and Risk in Water Resources*, Martinus Nijhoff Publ. NATO ASI Series E, pp. 61–86.
- CRED (2004). International Disaster Database. Center for the Research on the Epidemiology of Disasters, WHO. In: www.cred.be.
- Cunha, L.V. (1982). *As secas – caracterização, impactos e mitigação*. Secretaria de Estado do Urbanismo e Ambiente, Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa.
- D'Agostino R.B.; Stephens M.A. (1986). *Goodness-of-fit techniques*. New York.
- Das, H.P.; Adamenko, T.I.; Anaman, K.A.; Gommers, R.G.; Johnson, G. (2003). *Agrometeorology Related to Extreme Events*. Technical Note No. 201. WMO No. 943.
- DEASR (2002). *A Gestão de Riscos na Actividade Agrícola e alguns dos seus instrumentos*. Doc. Trabalho do Departamento de Economia Agrícola e Sociologia Rural, Instituto Superior de Agronomia.
- DGA (2001). *Programa Nacional para as Alterações Climáticas*. Direcção-Geral do Ambiente, Lisboa.
- DICA (2000). Regional Drought Identification Module REDIM. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Catania, Catania.
- Doorenbos, J.; Kassam A.H. (1979) *Yield Response to Water*. FAO Irrig. Drain. Pap. 33, FAO, Rome.
- Dracup, J.A.; Lee, K.S.; Paulson, E.G. (1980a). On the Statistical Characteristics of Drought Events. *Water Resour. Res.*, 16, (2), pp. 289–296.
- Dracup, J.A.; Lee, K.S.; Paulson, E.G. (1980b). On the Definition of Droughts. *Water Resour. Res.* 16, (2), pp. 297–302.
- Easterling W.E. (1989). Coping with drought hazard: recent progress and research priorities. In: F. Siccaldi, R.L. Bras (Eds.) *Natural Disasters in European Mediterranean Countries*. US National Science Foundation and National Research Council of Italy, Perugia, pp. 231–270.
- El Amami H.; Zairi A.; Pereira L.S.; Machado T.; Slatni A.; Rodrigues P.N. (2001). Deficit irrigation of cereals and horticultural crops. 2. Economic analysis. *Agr. Engng. Intern.* (www.agen.tamu.edu/cigr/) Vol. III, Manuscript LW 00 007b.
- Enne, G.; Peter, D.; Zanola, C.; Zucca, C. (2004). *The MEDRAP concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Workshop results and proceedings*. Univers. di Sassari.

- Espírito Santo, F. (1993). Vigilância e caracterização das secas – a teoria do caos e previsão a longo prazo. *Simpósio Catástrofes Naturais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Falkenmark, M. (1986). *Fresh water – Time for a modified approach*. AMBIO. XV(14)
- Falkenmark, M. (1991). *Approaching the ultimate constraint: water-short third world countries at a fatal crossroad*. Study week on Resources and Population, Pontifical Academy, 17–22 November, 1991. Vatican City.
- FAO (2003). *Review of world water resources by country*. Water Reports, 23. Rome, 2003.
- Fernando, R.M.; Cameira, M.R. (2000). Avaliação dos resultados da aplicação dos programas de acção comunitários às regiões vulneráveis (Portarias 595/98, 622/98 e 683/98). ISA/IHERA.
- Ferreira, E.M.N.O. (2004). *Aplicação de modelos log-lineares ao estudo das probabilidades de transição entre classes de seca na região do Alentejo*. Tese de mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Fonseca, M.J.; Coelho, C.A. (1998). Aplicação de Modelos Log-Lineares ao Estudo de Tabelas de Contingência de Estrutura Diagonal. In: *Estatística: a diversidade na unidade. Actas do V Congresso Anual da Sociedade Portuguesa de Estatística*, pp. 437–446.
- Garrido, A. (2004). Social and environmental Impacts. In: *Drought Preparedness and Mitigation Strategies in the Mediterranean Region*, Advanced Course, CIHEAM, Zaragoza, Spain, April 2004.
- Gibbs, W.J.; Maher, J.V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Gleick, P.H. (1996). Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. *Water International*, vol 21, Nr2, pp. 83–92.
- Gleick, P.H. (1998). *The World's Water 1998–1999*. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press, Washington DC.
- Gleick, P.H. (1999). The Human Right to Water. *Water Policy*, 1(5), pp. 487–503.
- Gleick, P.H. (2003). *Water Conflict Chronology*. Pacific Institute, Updated August 18, 2003. http://www.pacinst.org/reports/water_fact_sheet/
- Gleick, P.H. (2004). *The World's Water 2004–2005*. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press, Washington DC.
- Goldsmith, H.; Mawdsley, J.; Homann, S. (1997). Drought, climate change and water resources in north east England. BHS 6th *National Hydrology Symposium*, Salford.
- Gommes, R.; Fresco, L.O. (1998). Everybody complains about climate...What can agricultural science and the CGIAR do about it?. In: *Mobilizing Science for Global Food Security*, World Bank, CGIAR meeting, May, 1998, Brasil.
- Gommes, R.; Petrassi, F. (1994). *Rainfall variability and drought in sub-Saharan Africa since 1960*. FAO Agrometeorology Series Working Papers n. 9.
- Gonçalves, M.J.Z. (1982). Contribuição para o estudo das secas em Portugal Continental. *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, 1982, Lisboa, pp. 35–118.
- GPPAA (2000). Agricultura do Alentejo: principais indicadores. Min. da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas.
- Greenwood, J.A.; Durand, D. (1960). Aids for fitting the gamma distribution. *Technometrics*, vol. 2, Nr1, pp. 55–66.

- Greenwood, J.A.; Landwehr, J.M.; Matalas, N.C.; Wallis, J.R. (1979). Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resour. Res.*, 15, pp. 1049–1054.
- Guerrero-Salazar, P.; Yevjevich, V. (1975). Analysis of Drought Characteristics by the Theory of Runs. *Hydrology Paper* Nr. 80, Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Gujarati, D.N. (1995). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill, Inc.
- Guttman, N.B. (1993). The use of L-moments in the determination of regional precipitation climates. *Journal of Climate*, 6, 2309–2325.
- Guttman, N.B. (1998). *Homogeneity, Data Adjustments and Climatic Normals*. Water NCD, Março 1998.
- Guttman, N.B. (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardised precipitation index. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 34(1), pp. 113–121.
- Guttman, N.B.; Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1993). Regional precipitation quantile values for the continental U.S. computed from L-moments. *Journal of Climate*, 6, pp. 2326–40.
- Guttman, N.B.; Quayle, R.G. (1996). A historical perspective of U.S. climate divisions. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77(2), pp. 293–303.
- Haan, C.T.; Allen, D.M.; Street, J.O. (1976). A Markov Chain Model of Daily Rainfall. *Water Resour. Res.* 12, (3), pp. 443–449.
- Haan, C.T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State Univ. Press.
- Hayes, M. (2003). *Drought indices*. National Drought Mitigation Center home page, Lincoln, Nebraska.
- Heddinghaus, T.R.; Sabol P. (1991). A Review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here? In: *Proceedings of the 7th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society*, pp. 242–246.
- Heim, R.R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83(8), pp.1149–1165.
- Helsel, D.R.; Hirsch, R.M. (1992). *Statistical Methods in Water Resources*. Elsevier, Amsterdam.
- Henriques, A.G. (1981). *Análise da distribuição de frequências de caudais instantâneos máximos anuais. Aplicação à previsão de caudais de cheias*. Relatório 62/13/7419, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Henriques, A.G. (1985). *Avaliação dos Recursos Hídricos de Portugal Continental. Contribuição para o ordenamento do território*. Lisboa, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento, caderno 9, 1985.
- Henriques, A.G. (1990). *Modelos de distribuição de frequência de caudais de cheia*. Tese de doutoramento, Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Henriques, A.G.; Santos, M.J.J. (1996). Modelo de caracterização de secas regionais. In: *3º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa dos Recursos Hídricos/Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Herbst, P.H.; Bredenkamp, D.B.; Barker, H.M. (1966). A technique for the evaluation of drought from rainfall data. *Journal of Hydrology*, 4(3), pp. 264–272.
- Hirsch, R. M. (1982). A comparison of four streamflow record extension techniques. *Water Resour. Res.* 18(4), pp. 1081–1088.

- Hisdal, H.; Tallaksen, L.M. (2000). Drought Event Definition. *ARIDE, Technical Report No. 6*, December, 2000.
- Hosking, J.R.M. (1986). The theory of probability weighted moments. *Research Report RC12210*, IBM Research Division, Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J.R.M. (1990). L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 52, 105–1.
- Hosking, J.R.M. (1991). Approximations for use in constructing L-moment ratio diagrams. *Research Report RC 16635*, IBM Res. Div., Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1993). Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*, 29 (2), pp. 271–281.
- Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1996). The U.S. National Electronic Drought Atlas: statistical data analysis with GIS-based presentation of results. *Research Report RC 20499 (90858)*. IBM Res. Div. T.J. Watson Res. Center, Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J.R.M.; Wallis, J.R. (1997). *Regional frequency analysis: an approach based on L-moments*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Hoyt, J.C. (1936). Droughts of 1930–1934. *USGS Water Supply Paper* no 680, USGS, Washington, D.C.
- Hughes, B.L. (2002). *The Long-Range Predictability of European Drought*. PhD Thesis, Dep. Space and Climate Physics, University of London.
- INAG (1995). *Recursos Hídricos de Portugal Continental e sua utilização*, vol.1, Lisboa.
- INAG (1996). *Recursos Hídricos de Portugal Continental e sua utilização*, vol.2, Lisboa.
- INAG (2001). *Plano Nacional da Água*. INAG, Lisboa.
- INE (1995). *Contas Regionais*. INE, Lisboa.
- Isaacson, D.L.; Madsen, R.W. (1976). *Markov Chains: Theory and Applications*. John Wiley and Sons. New York.
- Keyantash, J.; Dracup J.A. (2002). The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83(8), pp. 1167–1180.
- Kim, T.; Valdés, J.B. (2002). Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River basin, Mexico. *Water International*, 27 (3), pp.420–430, September, 2002.
- Kite, G.W. (1988). *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado.
- Kjeldsen, T.R.; Smithers, J.C.; Schulze, R.E. (2002). Regional flood frequency analysis in the KwaZulu-Natal province, South Africa, using the index-flood method. *Journal of Hydrology*, 255, pp. 194–211.
- Kosmas, C. (1998). Lesvos land degradation and desertification. Agricultural University of Athens. Laboratory of Soils and Agricultural Chemistry. Athens. In <http://www.desertification.it/doc/ASINARA%20WEB/11kosmas.htm>
- Lanen, H.A.J. e Peters E. (2000). Definitions, effects and assessment of groundwater droughts. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 49–61.
- Le Houérou, H.N.; Popov, G.F.; See, L. (1993). Agro-bioclimatic classification of Africa. *FAO Agrometeorology Series Working Papers*, nr 6. Rome.

- Leal, G. (1995). *Necessidades de água para rega no Continente. Situação actual e previsão da evolução futura*. IHERA, MADRP. Lisboa.
- Lee, S.H.; Maeng, S.J. (2003). Frequency analysis of extreme rainfall using L-moments. *Irrigation and Drainage*, 52, pp.219–230.
- Lettenmaier, D.P.; Wood E.F. (1993). Hydrologic Forecasting. In: Maidment, D.R. (Ed) *Handbook of Hydrology*, McGraw–Hill, pp. 26.1–26.30.
- Linsley, R.K.Jr.; Kohler, M.A.; Paulhus, J.L.H. (1988). *Hydrology for engineers*. McGraw–Hill.
- Lloyd–Hughes, B.; Saunders, M.A. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, 22, pp. 1571–1592.
- LNEC/ISA (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Instituto da Água. Lisboa.
- Lohani, V.K.; Loganathan, G.V. (1997). An Early Warning System for Drought Management Using the Palmer Drought Index, *J. Amer. Water Resour. Assoc.* (JAWRA) 33(6), pp. 1375–1386.
- Lohani, V.K.; Loganathan, G.V.; Mostaghimi, S. (1998). Long–Term Analysis and Short–Term Forecasting of Dry Spells by the Palmer Drought Severity Index, *Nordic Hydrology* 29(1), pp. 21–40.
- Loureiro, J.M. (1976). *Breves notas sobre o regime pluviométrico do Algarve. Avaliação de recursos de água superficiais. Período de Estiagem–Secas*. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. Lisboa.
- Lowry, W.P.; Guthrie, D. (1968). Markov chains of order greater than one. *Monthly Weather Review*, Vol. 96, No 11, pp. 798–801.
- Maracchi, G. (2000). Agricultural drought – a practical approach to definition, assessment and mitigation strategies. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 63–75.
- Matalas, N.C.; Jacobs, B. (1964). A correlation procedure for augmenting hydrologic data. *U.S. Geological Survey professional paper* 434–E, pp. E1–E7.
- Matias, P. (1998). Análise de Frequência de Séries Hidrológicas Anuais. *Textos de apoio às aulas de Hidrologia I*. Dep. Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Matias, P. (2000). Extensão de séries hidrológicas e preenchimento de falhas – modelos lineares. *Textos de apoio às aulas de Hidrologia I*. Dep. Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Matias, P. (2003). Características hidrológicas com interesse para a caracterização do regime e de tipos de escoamento. In: M.H. Alves e J.M. Bernardo (Eds.) *Caudais Ecológicos em Portugal*, Instituto da Água, Lisboa, pp. 7.1–7.83.
- Maunder, W.J.; Johnson, S.R.; McQuigg, J.D. (1971). Study of the effect of weather on road construction: a simulation model. *Monthly Weather Review*, Vol. 99, No 12, pp. 939–945.
- Mendes, M.T; Trigo, R.M.; Da Camara, C.C. (2002). Atmospheric circulation patterns affecting continental Portugal (1881–1995). *3rd Luso–Spanish Assembly of Geodesy and Geophysics*, 4–8 de Fevereiro, 2002, Valencia, Espanha.
- Meuwissen M.P.M.; Huirne B.M.; Hardaker, J.B. (1999). Income insurance in European agriculture, *European Economy* No2, Luxembourg.

- McKee, T.B.; Doesken N.J.; Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, *8th Conference on Applied Climatology*, 17–22 January, Anaheim, CA, pp. 179–184.
- McKee, T.B.; Doesken N.J.; Kleist J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. In: *9th Conference on Applied Climatology*, Am. Meteor. Soc, Boston, pp. 233–236.
- Ministério do Ambiente (2000). *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana*. Vol 1, Maio, 2000.
- Mohan, S.; Rangacharya, N.C.V. (1991). A modified method for drought identification. *Journal of Hydrological Sciences*, 36.
- Murteira, B.J.F.; Müller, D.A.; Turkman, K.F. (1993). *Análise de sucessões cronológicas*. McGraw-Hill. Lisboa.
- NDMC (2004). In: URL: <http://enso.unl.edu/ndmc>.
- Nelder, J.A. (1974). Loglinear models for contingency tables: a generalization of classical least squares. *Appl. Statistics*, 23, pp. 323–329.
- NOAA (2003). NOAA scientists attribute recent drought to ocean influence. *Press release*, January, 31, 2003. In: <http://www.noaa.gov>.
- Nunes, L.M.; Cunha, M.C.; Ribeiro, L. (2002). Utilização do conceito de entropia na optimização de redes de monitorização com reconhecimento simulado. In: *6º Congresso da Água*, APRH, Porto.
- Ochola, W.O.; Kerkides, P. (2003). A Markov chain simulation model for predicting critical wet and dry spells in Kenia: analysing rainfall events in the Kano plains. *Irrig. and Drain*. 52(4), pp. 327–342.
- Oweiss, T. (2001). Coping with Increased Water Scarcity in Dry Areas: Increased Water Productivity. *Proceedings of the international workshop "New Approaches to Water Management in Central Asia"*, Aleppo, Syria 6–11 Nov. 2000. UNU Desertification Series No 3, pp. 75–96.
- Pais, C.; Santos, P. (2000). Escassez de água e mudança institucional: limitações da política tarifária no regadio em Portugal. In: *5º Congresso da Água*. Assoc. Portuguesa de Recursos Hídricos. Lisboa.
- Palmer, W.C. (1965). *Meteorological Drought*. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- Palmer, W.C. (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index, *Weatherwise*, 21, pp. 156–161.
- Paulo, A.A.; Pereira, L.S.; (2002). Analysis of the regional droughts in Southern Portugal using the standardized precipitation index. In: A.H. Maiga, L.S. Pereira LS, A. Musy (Eds.) *Sustainable Water Resources Management: Health and Productivity in Hot Climates*, EIER, Ouagadougou, pp. 83–93.
- Paulo, A.A.; Pereira L.S.; Matias, P.G. (2003a). Analysis of local and regional droughts in southern Portugal using the theory of runs and the Standardised Precipitation Index. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 55–78.
- Paulo, A.A.; Coelho, C.; Pereira, L.S. (2003b). Drought Class Transition Analysis through Markov and Loglinear Models. In: J.M.Tarjuelo, F.M. de Santa Olalla, L.S.Pereira (Eds.) *Envirowater 2003. Land and Water Use Planning and Management*, CREA – Univ. Castilla-La Mancha, Albacete, pp. 35–36, paper A-098 in CD-ROM.

- Paulo, A.A.; Pereira, L.S.; Ferreira, E. (2003c). O índice de Palmer e o índice normalizado de precipitação na identificação de períodos secos. In: JPL Ferreira *et al.* (eds.) *6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa* (APRH/ABRH/AMCT/INGRH, Praia, Cabo Verde, Nov. 2003), APRH, Lisboa, pp. 293–307.
- Paulo, A.A.; Ferreira, E.; Coelho, C.; Pereira, L.S. (2004). Drought Class Transition Analysis through Markov and Loglinear Models, an Approach to Early Warning. *Agricultural Water Management* (submetido).
- Paulo A.A.; Pereira L.S. (2004a). Drought Concepts and Characterization. Comparing Drought Indices Applied at Local and Regional Scales. *Water International* (submetido).
- Paulo A.A.; Pereira L.S. (2004b). Prediction of SPI drought class transitions using Markov chains. *Water International* (submetido).
- Penman, H.L. (1956). Evaporation: an introductory survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 4, pp. 9–29.
- Pereira, L.S. (1989a). Mitigation of droughts. 1. Agricultural. *ICID Bulletin*, 38, pp. 1–15.
- Pereira, L.S. (1989b). Mitigation of droughts. 2. Irrigation. *ICID Bulletin*, 38, pp. 16–34.
- Pereira, L.S. (1990). The Role of Irrigation in Mitigating the Effects of Drought. In: *Transactions of 14th Congress on Irrigation and Drainage*, Rio de Janeiro. Vol 1–F. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). G43.1–G43.27.
- Pereira L.S. (2000). Management of irrigation systems under drought. In: G Batini, G Rossi, M Benedini and G Monacelli (Eds.) *Territorial Planning and Coping with Effects of Drought* (Proc. Int. Workshop, Taormina, Italy, June 1999). Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Roma, CD-ROM paper 1.4.
- Pereira, L.S. (2003). Irrigation demand management to cope with drought and water scarcity. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 19–33.
- Pereira L.S. (2004a). Water and agriculture: Facing environment and scarcity challenges. *Agr. Engng. Intern.* (www.cigr-ejournal.tamu.edu) (submetido).
- Pereira, L.S. (2004b). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Europa–América.
- Pereira, L.S.; Allen R.G. (1999). Crop Water Requirements. Chapter 5.1 of *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. I: Land and Water Engineering*, ASAE, St. Joseph, MI: pp. 213–262.
- Pereira, L.S.; Cordery, I.; Iacovides, I. (2002). *Coping with Water Scarcity*. UNESCO IHP VI, Technical Documents in Hydrology No. 58, UNESCO, Paris, 267 p. (disponível *on line*: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001278/127846e.pdf>).
- Pereira, L.S.; Louro, V.; Rosário, L.; Almeida, A. (2003). Desertification, territory and people. In: Workshop on *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*, NATO – CCMS and Science Committee, Valencia (não publicado).
- Pereira L.S.; Louro V., Rosário L.; Almeida A. (2004). Desertification, territory and people, a holistic approach in the Portuguese context. In: J.L. Rubio *et al.*, (Eds.) *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue*. NATO Sc.Com., Springer Verlag (in press).
- Pereira L.S.; Oweis T.; Zairi A. (2002). Irrigation management under water scarcity. *Agric. Water Manag.* 57, pp. 175–206.
- Pereira, L.S.; Paulo, A.A. (2004). Recursos Hídricos, Secas e Desertificação. In: V. Louro (Ed.) *Desertificação sinais, dinâmicas e sociedade*. Piaget, Lisboa, pp. 47–62.

- Phillips, I.D.; McGregor, G.R. (1998). The utility of a drought index for assessing drought hazard in Devon and Cornwall, South West England. *Meteorol. Applications*, 5, pp. 359–372.
- Pimenta, R.E.; Cristo, F.P. (1998). Vigilância, acompanhamento e predição da evolução das secas em Portugal Continental. In: *4º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa dos Recursos Hídricos, /Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Pimenta, M.T.; Santos, M.J.; Rodrigues, R. (1997). A proposal of indices to identify desertification prone areas. In: *Jornadas de reflexion sobre el Anexo IV de application para el Mediterraneo Norte–Convenio de Lucha contra la Desertificación*. Murcia.
- Pires, V.C.C. (2003). *Frequência e Intensidade de Fenómenos Meteorológicos Extremos associados à Precipitação*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Quiring, S.M.; Papakryiakou T.N. (2003). An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 118, pp. 49–62.
- Real, J.C.; Bernardino, M.C.; Santos, E.G. (1998). Desagregação temporal de séries de precipitação para estudo de impactes de uma alteração climática: o método dos fragmentos. In: *Mediterrâneo*, n 12/13, Jan.–Dez. 1998. Univ. Nova de Lisboa.
- Reis, R.M. (1992). *Contribuição para o conhecimento do regime da precipitação nos anos agrícolas de 1928/29 a 1990/91 em Portugal Continental*. Monografia de Meteorologia e Geofísica, INMG, Lisboa.
- Rockström, J. (2002). Resilience Building and Water Demand Management for Drought Mitigation. In: *3rd WaterNet/Warfsa Symposium 'Water Demand Management for Sustainable Development'*, Dar es Salaam.
- Rodrigo, I.; Caldas, J.C.; Jorge, R.; Martins, M.B. (2001). *As secas: discurso dos actores sociais ou realidade que incorporam nas suas decisões. Síntese e conclusões*. Projecto Interreg II C nº 99.09.6045.2. ISA, DEASR, Lisboa.
- Rodrigues, P.N.; Machado, T.; Pereira, L.S.; Teixeira, J.L.; El Amami, H.; Zairi, A. (2003). Feasibility of deficit irrigation with center–pivot to cope with limited water supplies in Alentejo, Portugal. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 203–222.
- Rodrigues PN; Pereira LS; Zairi A; El Amami H; Teixeira JL; Slatni A; Machado T (2001). Deficit irrigation of cereals and horticultural crops. 1 Simulation of strategies to cope with droughts. *Agr. Engng. Intern.* (www.agen.tamu.edu/cigr/) Vol. III, Manuscript LW 00 007a.
- Rossi, G. (1979). Characteristics of drought over a region and shortage control strategies. *Proc. 18th I.A.H.R. Congress*, Cagliari, Vol. 2.
- Rossi, G. (1989). On the identification of regional droughts. *Excerpta of the italian contribution to the field of Hydraulic Engineering*, Vol.3, pp. 145–166, Gruppo Nazionale Idraulica.
- Rossi, G. (2003). Requisites for a drought watch system. In: G. Rossi, A. Cancellieri, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi; A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 147–157.
- Rossi, G.; Benedini, M.; Tsakiris, G.; Giakoumakis, S. (1992). On regional drought estimation and analysis. *Water Resources Management*, n.6, pp. 249–277.

- Rossi, G.; Cancelliere, A. (2003). At-site and regional drought identification by REDIM model. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, e A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 37–54.
- Roxo, M.J.; Casimiro, P.C. (2004). Desertification: several public and stakeholders perception in the inner lower Alentejo – Desertlinks target area – Portugal. In: G.Enne; D.Peter; C.Zanola; C.Zucca (Eds) *The MEDRAP concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification*. Workshop results and proceedings. Univers. di Sassari. Pp. 375 e 381.
- Roxo, M.J.; Mourão, J.M. (1998). Desertificação: a percepção pública do fenómeno. *Revista Florestal*, vol XI, nº1, pp. 30–34.
- Salas, J.D. (1993). Analysis and Modelling of Hydrologic Time Series. In: D.R. Maidment (Eds) *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, pp. 19.1–19.72.
- Saleth, R.M.; Dinar, A. (2003). *Water Institutions and Sector Performance: A Quantitative Analysis with Cross-Country Data*. Working Paper on Rural Development, March, 2003. World Bank.
- Santos, E.G. (1983a). *Disaggregation Modelling of Hydrological Time Series*. Ph.D. Thesis Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Santos, E.G. (2002). *Caracterização da Informação Hidrológica Qualidade e Suficiência*. Instituto Superior Técnico.
- Santos, F.D.; Forbes, K.; Moita, R. (Eds.) (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project*, Gradiva, Lisbon, Portugal.
- Santos, M.A. (1981). *On the stochastic characterization of regional droughts*. Tese de especialista. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Santos, M.A. (1983b). Regional droughts: a stochastic characterization. *Journal of Hydrology* 66, pp. 183–211.
- Santos, M.A.; Correia, F.N.; Cunha, L.V. (1983). *Drought characterization and drought impacts in Portugal*. Memória No 591, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Santos, M.A.; Gamboa, M. (2000). As secas na parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Minho. Comunicação apresentada no *5º Congresso da Água*, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Lisboa.
- Santos, M.J.J. (1996). *Modelo de distribuição de secas regionais*. Tese de mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Santos, M.J.J. (1998). *Caracterização e monitorização de secas*. Instituto da Água, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Dezembro de 1998.
- Santos, M.J.J.; Henriques, A.G. (1998). Procedimentos para a monitorização de secas, *4º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa de Recursos Hídricos/Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Santos, M.J.J.; Henriques, R.; Fernandes, S.; Rodrigues, R. (1999). Delimitation of Affinity Regions in Western Europe for the application of the Regional Drought Model to annual precipitation data. *ARIDE Technical Report No 4*. Instituto da Água.
- Sen, Z. (1976). Wet and Dry Periods of Annual Flow Series. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, vol. 102, n HY10, pp. 1503–1514.
- Schmidt, L.; Valente, S. (2002). As dimensões mediáticas da água – evolução e tendências. *III Congreso Ibérico Sobre Gestión y Planificación de Aguas*. Sevilla 13–17 de Novembro de 2002.

- Sivakumar, M.V.K.; Wilhite, D.A. (2002). Drought preparedness and drought management. In: *Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification* (Proc. Intern. Conf., Bled, Slovenia), UNESCO and Slov. Nat. Com. ICID, Ljubljana, CD-ROM paper 2.
- Shafer, B.A.; Dezman, L.E. (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. *Proceedings of the Western Snow Conference*, pp. 164–175.
- Shatanawi, M.; Al-Zu'bi, Y.; Al-Jayoussi, O. (2003). Irrigation management dynamics in the Jordan Valley under drought conditions. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 243–258.
- Shiklomanov, I.A. (2000). Appraisal and assessment of world water resources. *Water International* 25(1), pp. 11–32.
- Smith, D.I.; M.F. Hutchinson; McArthur, R.J. (1993). Australian climatic and agricultural drought: payments and policy. *Drought Network News*, 5(3), pp. 11–12.
- Smithers, J.C.; Schulze, R.E. (2001). A methodology for the estimation of short duration design storms in South Africa using a regional approach based on L-moments. *Journal of Hydrology*, 241, pp. 42–52.
- Stahl, K. (2001). Hydrological Drought – a study across Europe. Institute für Hydrologie, Universität Freiburg.
- Stanford, S. (1979). Towards a definition of drought. In: M.T. Hinchey, (Ed.) *Botswana Drought Symposium*. Botswana Society, Gaborone, Botswana.
- Stedinger, J.R.; Taylor M.R. (1982). Synthetic streamflow generation: 2, Effect of parameter uncertainty. *Water Resour. Res.* 18(4), pp. 919–924.
- Stedinger, J.R.; Vogel, R.M.; Foufoula-Georgiou, E. (1993). Frequency analysis of extreme events. In: D.R. Maidment (Eds) *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, pp. 18.1–18.66.
- Steinemann, A. (2003). Drought indicators and triggers: a stochastic approach to evaluation. *J. Amer. Water Resour. Assoc.* (JAWRA) 39(5), pp. 1217–1233.
- Svoboda, M.; LeComte, D.; Hayes, M.; Heim, R.; Gleason, K.; Angel, J.; Rippey, B.; Tinker, R.; Palecki, M.; Stooksbury, D.; Miskus, D. Stephens, S. (2002). The Drought Monitor. *Bull. Amer. Meteor Soc.*, 83(8), pp. 1181–1190.
- Szinell, C.S.; Bussay, A.; Szentimrey, T. (1998). Drought tendencies in Hungary. *Int. J. Climatol.* 18, pp. 1479–1491.
- Tase, N. (1976). Area-deficit intensity characteristics of drought. *Hydrology Paper No87*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Tate, E.L.; Gustard, A. (2000). Drought definition: a hydrological perspective. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 23–48.
- Thornthwaite, C.W. (1944). Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, 1943–1944, *Trans. Am. Geophys. Union*, vol 25, pt. 5, p. 687.
- Tomé, A.R.; Miranda, P.M.A. (2004). Piecewise linear fitting and trend changing points of climate parameters. *Geophysical Research Letters*, vol 31, January 2004.
- Trigo, R.M.; Vázquez, D.P.; Osborn, T.J.; Diéz, Y.C.; Fortis, S.G.; Parra, M.J. (2004). North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.*, 24, pp. 925–944.

- UMA (1999). Programme d'Action Sous-Régional de Lutte contre la Désertification au Maghreb. Union du Maghreb Arabe, Sec. Gen. 1999, UNCCD.
- Vaz, A.C. (1993). *Uma metodologia para a caracterização e monitorização de secas*. Instituto Superior Técnico/Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.
- Vermes, L. (1998). *How to Work Out a Drought Mitigation Strategy: an ICID guide*. 309/1998. DVWK.
- Vicente, S. M.; Begueria-Portugues, S. (2003). Estimating extreme dry-spell risk in the middle Ebro valley (northeastern Spain): a comparative analysis of partial duration series with a general Pareto distribution and annual maxima series with a Gumbel distribution. *International Journal of Climatology*, 23, pp. 1103–1118.
- Vicente, S.M.; Cuadrat, J.M. (2002). Desarrollo de um método analítico para la obtención del SPI (Standardized Precipitation Index) como herramienta para el seguimiento y prevención de sequías climáticas. In Cuadrat, J.M., Vicente, S.M. y Saz, M.A. (Eds.) *La información climática como herramienta de gestión ambiental*, VII Reunión Nacional de Climatología, Universidad de Zaragoza.
- Vlachos, E.; James, L.D. (1983). Drought impacts. In: Yevjevitch, V.; Cunha, L.V.; Vlachos, E. (Eds.) *Coping With Droughts*. Water Resources Publications, Littleton, CO, pp. 44–73.
- Vogel, R.M.; Wilson, I. (1996). Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States. *Journal of Hydrological Engineering* Vol.1, No 2, pp. 69–146.
- Vogel, R. M.; Stedinger J. R. (1985). Minimum variance streamflow record augmentation procedures. *Water Resour. Res.* 21(5), pp. 715–723.
- Vogt, J.V.; Somma, F. (Eds.) (2000). *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer, Dordrecht.
- Wedgbrow, C.S.; Wilby, R.L.; Fox, H.R.; O'Hare G.O. (2001). Prospects for seasonal forecasting of summer drought and low river flow anomalies in England and Wales. *International Journal of Climatology*, 14, pp. 475–506.
- Wells, N. (2002). *A Self-Calibrated PDSI*. In <http://nadss.unl.edu/PDSIReport/pdsi/>, 21/11/2002.
- Wilhite, D.A. (2004). Characterization of drought. In: *Advanced Course Drought Preparedness and Mitigation Strategies in the Mediterranean Region*. Zaragoza (Espanha), Abril 2004.
- Wilhite, D.A.; Easterling, W.E.; Wood, D.A. (Eds.) (1987). *Planning for Drought. Toward a Reduction of Societal Vulnerability*. Westview Press, Boulder and London.
- Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10, pp. 111–120.
- Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. (1987). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. In: D.A.Wilhite; W.E. Easterling; D.A. Wood (Eds.) *Planning for Drought*. Vestview Press, Boulder, CO, pp. 11–27.
- WMO (1992). *International Meteorological Vocabulary*. WMO No 182, WMO.
- WMO (2004). In: http://www.wmo.ch/wmo50/e/world/climate_pages/desert_e.html. Última visita 08-08-2004.
- WSM (2004). Indicators and Indices for decision making in water resources management. *Water Strategy Man Project web site*, National Technical University of Athens.

In: http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/Newsletters/Issue4/Indicators_Appendix.htm.

Última visita 08-08-2004.

Yevjevich, V. (1967). *An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts*, Hydrology Paper No 23, Colorado State University, Fort Collins, CO.

Yevjevich, V. (1984). Extremes in hydrology. In: J.T. Oliveira *Statistical extremes and applications*, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 131, pp. 197–220.

Zaidman, M.; Rees, G. (2000). Spatial Patterns of Streamflow Drought in Western Europe 1960–1995. *ARIDE Technical Report No 8*. Centre for Ecology and Hydrology, NERC.

Zairi, A.; El Amami, H.; Slatni, A.; Pereira, L.S.; Rodrigues, P.N.; Machado, T. (2003). Coping with drought: deficit irrigation strategies for cereals and field horticultural crops in Central Tunisia. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 181–202.